

В. М. ШЕСТОПАЛ

# СПЕЦИАЛИЗАЦИЯ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЛИТЕЙНЫХ ЦЕХОВ И ЗАВОДОВ

*ИЗДАНИЕ 2-е,  
ПЕРЕРАБОТАННОЕ И ДОПОЛНЕННОЕ*



ИЗДАТЕЛЬСТВО «МАШИНОСТРОЕНИЕ»  
Москва 1969

**Специализация и проектирование литейных цехов и заводов.** Ш е с т о п а л В М , М , «Машиностроение», 1969, стр. 328.

В книге изложены технические и технико-экономические вопросы специализации литейного производства и проектирования литейных цехов и заводов. Рассмотрены тенденции роста производства отливок и изменения структуры их выпуска. Установлены основные направления развития специализации изготовления отливок и кооперированного обеспечения заводов литьем. Приведены данные о динамике концентрации литейного производства, экономичности применения литых заготовок, а также методика выбора оптимальных технологических процессов.

Рассмотрены вопросы унификации специализированных литейных цехов и заводов, опыт и методы их типового проектирования.

Книга предназначена для инженеров и экономистов, работников плановых организаций, министерств и проектных институтов, связанных с развитием литейного производства.

Табл. 84. Илл. 150. Библ. 252 назв.

Рецензент инж. **Е. С. Ямпольский**

*Редактор инж. М. А. Коган*

## ВВЕДЕНИЕ

Программа Коммунистической партии Советского Союза предусматривает всемерное развитие специализации производства. В материалах XXIII съезда КПСС неоднократно подчеркнуто, что специализация дает огромные возможности для роста производительности труда и улучшения качества продукции и позволяет наиболее рационально организовать производство.

Развитие специализации органически связано с ростом уровня техники. Создание в СССР крупных механизированных литейных цехов с поточным изготовлением отливок для автомобилей, тракторов, станков, вагонов, самолетов и др. позволило довести к началу текущего пятилетия объем специализированного производства отливок до величины, превышающей 10 млн. т.

В расчетах, обосновывающих развитие литейного производства, предусмотрено значительное увеличение размеров специализированных мощностей по выпуску отливок. Для того чтобы рационально осуществить значительный рост мощностей и обосновать неуклонное развитие специализированного производства отливок, необходимо прежде всего изучить технические и технико-экономические основы специализации литейного производства, разработать способы специализации изготовления различных групп отливок, научиться выбирать наиболее экономичные технологические процессы, овладеть методами типового проектирования.

Решение проблемы специализации литейного производства неразрывно связано с анализом его состояния, выявлением общих тенденций развития изготовления отливок, структуры их выпуска, изменений технического уровня процесса производства отливок, географического размещения литейных цехов и заводов как в настоящее время, так и в перспективе. Темпы развития народного хозяйства СССР и в первую очередь роста машиностроения, даже с учетом резкого увеличения применения пластмасс, железобетона, сварных и сварно-литых конструкций, потребуют существенного увеличения выпуска отливок.

Целью специализации литейного производства является оптимальная концентрация изготовления однородных отливок, что создает условия для высокоэффективного применения новой техники, производительных технологических процессов и агрегатов,

средств комплексной механизации и автоматизации. Все это дает возможность достичь наибольшей производительности труда при высоком качестве и наименьшей себестоимости отливок.

Анализ состояния и направлений развития различных технологических процессов изготовления отливок и сравнение их технико-экономических преимуществ показали, что в течение ряда лет основным процессом останется постоянно совершенствующееся литье в объемные песчаные формы. Это делает важным выбор для разных случаев производства оптимального варианта данного процесса и требует внедрения эффективных поточных способов при изготовлении всей массы мелкосерийных отливок.

Анализ различных специальных способов литья подтвердил зависимость эффективности их применения от величины серии выпускаемых отливок. Однако установлено, что фактор серийности выпуска справедлив только в условиях специализации. Игнорирование влияния общего масштаба производства однородной продукции на сравнительную эффективность применения специальных способов литья может приводить к ошибкам.

Рассмотрение признаков однородности отливок по условиям изготовления позволило обосновать изложенные в книге главные направления специализации производства разных групп отливок. При этом во всех случаях специализации обязательным условием ее эффективности является достаточная концентрация изготовления однородных отливок.

Сравнение результатов исследования необходимого развития специализированного литейного производства и увеличения общего выпуска отливок позволило установить закономерность необходимости значительного опережения роста выпуска отливок специализированными предприятиями. Более высокий уровень техники, присущий специализированному производству, приводит к тому, что динамика концентрации производства отливок при развитии специализации опережает темп нарастания выпуска отливок.

Такое направление развития приводит к тому, что средняя производительность литейного цеха значительно вырастает при сокращении общего числа цехов. Увеличение масштабов цехов создает предпосылки для резкого повышения уровня эффективной механизации изготовления отливок. На основании изучения изменений технико-экономических показателей при развитии специализации производства разных групп отливок сделаны следующие выводы: относительная эффективность специализации возрастает, когда она сопровождается совершенствованием способа производства, например при изготовлении мелкосерийных отливок с переходом на поточные методы; технико-экономические показатели при специализации остаются выше в условиях крупносерийного производства. Это особенно существенно, так как при развитии специализации структура выпуска отливок меняется,

увеличивается доля отливок, выпускаемых цехами и заводами с крупносерийным характером производства. Увеличение специализированного изготовления отливок позволяет совершенствовать кооперированные связи, увеличивать их экономичный радиус.

Для удовлетворения потребности в отливках необходимо скорейшее завершение начатых и строительство новых специализированных литейных заводов и цехов. Для рационального решения такой задачи рекомендуется оправдавший себя в последние годы метод комплексного типового проектирования. Сущность метода заключается в создании единого ряда типовых оптимальных мощностей; установлении на основе анализа перспектив развития экономических районов и отраслей ограниченной номенклатуры необходимого числа типовых проектов; разработке основных положений по выполнению типовых проектов литейных цехов; осуществлении координации типового проектирования для обеспечения единства главных технических решений и ограничения типоразмеров оборудования; разработке с учетом технических, экономических, оздоровительных требований и географического размещения типовых проектов, осуществление которых в каждом отдельном случае требует лишь привязки типового проекта к конкретным условиям.

Приведенный в книге ряд типовых мощностей литейных цехов разных направлений специализации основан на изучении уровней технических решений, допускающих унификацию. Отражая прогресс литейного производства в области совершенствования технологических процессов и особенно развития комплексной механизации и автоматизации, ряд качественно меняет теоретическую основу проектирования литейных цехов.

Сравнение эффективности капитальных затрат и достигаемых технико-экономических показателей литейных цехов позволило установить общую закономерность, заключающуюся в том, что рост эффективности литейных цехов в зависимости от изменения объема выпуска начиная с определенной величины объема замедляется. Если в условиях массового и крупносерийного производства после определенного предела эффективность, хотя и медленно, но продолжает повышаться, то в условиях мелкосерийного производства чрезмерное увеличение номенклатуры отливок способно вызвать снижение эффективности. Поэтому за оптимум мощности принимается минимум выпуска продукции, который создает возможность организации эффективного производства при предусматриваемом уровне техники. Одновременно учитывается, что величина оптимума типовой мощности является показателем динамичным, способным меняться в зависимости от производительности процессов и агрегатов.

Проектные решения типовых цехов преимущественно рекомендуются в виде специализированных потоков, включающих ком-

плексную технологическую цепочку производства отливок, оснащенную современными средствами механизации и автоматизации.

В течение многих лет идея создания обособленных литейных заводов считалась порочной. Изучение практики строительства и эксплуатации первых советских литейных заводов показало, что одной из главных причин этого явился недоучет в проектах того времени взаимосвязи между значительным объемом выпуска отливок и методами производства, ни в чем по существу не отличавшимися от методов, применяемых в мелких литейных цехах. Установление на основе специализации оптимальной взаимосвязи между объемом и методами производства, анализ результатов, достигнутых действующими литейными заводами, и учет общего роста специализации промышленности позволяют признать правильным преимущественное развитие мощности литейного производства за счет создания специализированных заводов.

При этом следует различать литейные заводы отраслевого назначения, характерные для наличия в экономическом районе достаточной потребности в отливках для одной отрасли, и заводы межотраслевого назначения с чисто технологической специализацией для обслуживания заготовками широкого круга предприятий экономического района.

Опыт проектирования доказана возможность осуществления широкого круга литейных заводов путем набора типовых специализированных цехов указанного выше ряда.

Литейные заводы в настоящее время строятся как комплексные предприятия, со своим модельным, складским и энергетическим хозяйством. Очевидно, что по мере роста специализации промышленности в целом литейные заводы можно будет проектировать как исключительно производственные объекты, снабжаемые оснасткой и готовыми материалами на началах внешней кооперации, что повысит их экономичность.

Рациональность применения рекомендованного в книге метода комплексного типового проектирования литейных цехов и заводов доказана практикой проектирования последних лет. Вместе с тем достигнутый за истекшие годы прогресс техники литейного производства и накопленный опыт специализации, проектирования и строительства литейных цехов и заводов позволил уточнить некоторые положения, изложенные в первом издании, некоторые — дополнить, а также показать более поздние проектные решения.

В подготовке материалов ко второму изданию книги участвовали: инж. И. М. Гершович (по гл. I), канд. техн. наук В. Я. Клебанер (по гл. III) и инж. И. С. Косякин (по гл. VI и VII).

## РОСТ ВЫПУСКА ОТЛИВОК И ИЗМЕНЕНИЕ ЕГО СТРУКТУРЫ

### 1. РОСТ ВЫПУСКА ОТЛИВОК

Рассмотрение вопросов организации и проектирования литейных цехов и заводов неразрывно связано с уточнением перспективы развития в нашей стране литейного производства.

Литейное производство является основной заготовительной базой и важнейшей технологической отраслью машиностроения и металлообработки.

Удельный вес литых деталей в металлорежущих станках равен 80%, в текстильных машинах 72%, в прокатных станах 68%, в паровых турбинах 55%, в тракторах 58%, в электровозах 26% и т. д.

Большое применение находят отливки в металлургии, строительной индустрии, при изготовлении изделий широкого потребления. В среднем литые детали составляют примерно половину веса всех машин и механизмов.

Такая большая доля литых заготовок в машиностроении и некоторых других отраслях народного хозяйства соответствует тем особым преимуществам технологии литейного производства, которые обеспечивают получение отливок практически неограниченной сложности из сплавов с заданными свойствами, любых размеров и веса, недостижимыми для других технологических процессов.

В структуре затрат труда, характеризующей соотношение между удельными весами различных видов работ, определенными по числу занятых в них рабочих, на долю отливок приходится в кузнечно-прессовых машинах 30%, в металлорежущих станках 25%, в автомобилях 20%. Стоимость литых деталей составляет 20—25% общей стоимости машины [27, 43].

За период 1959—1967 гг. в СССР было произведено разного рода отливок 150 млн. *t*, в США 142 млн. *t*, в Англии вместе со странами Европейского общего рынка (ФРГ, Франция, Италия, Бельгия, Голландия, Люксембург) 116 млн. *t* [74, 127, 137, 164, 167, 195, 237].

По сравнению с наибольшим выпуском отливок дореволюционной России, составлявшем 0,5 млн. *t*, объем производства отливок в СССР в 1968 г. возрос в 40 раз и достиг 19,5 млн. *t*.

Стоимость продукции литейного производства СССР, исчисленная по средней себестоимости всех видов литых заготовок и изделий, составила в 1968 г. 4,3 млрд. руб. Удельный вес стоимости литых заготовок в машиностроении составляет около 5%.

Изменение объема выпуска отливок в СССР за последние годы приведено в табл. 1.

Выпуск отливок в 1966 г. в зарубежных странах составлял: в странах Европейского общего рынка около 9 млн. *t* (против 6,8 в 1958 г.), в Англии 4,5 млн. *t* (против 4 млн. *t* в 1958 г.), в США 18,9 млн. *t* (против 11,8 млн. *t* в 1958 г., см. табл. 2).

За 1958—1966 гг. производство отливок в СССР увеличилось на 45%. Прирост выпуска идет из года в год по непрерывной восходящей в то время как в большинстве зарубежных стран это развитие носило скачкообразный характер, со спадами и подъемами, соответствующими подъемам и спадам всей промышленности и ее спроса на литье [126, 135, 155, 171, 180, 185, 194].

Таблица 1  
Динамика роста выпуска отливок в СССР за 1958—1968 гг. в тыс. *t*

Виды отливок	1958 г.	1959 г.	1960 г.	1961 г.	1962 г.	1963 г.	1964 г.	1965 г.	1966 г.	1967 г.	1968 г.
	Все виды отливок	12 674	13 742	14 583	15 440	16 328	17 261	17 734	18 258	18 736	19 053
В том числе:											
чугунные	9 660	10 419	11 019	11 651	12 330	12 982	13 170	13 582	13 890	14 221	14 515
из них ковкого чугуна	445	444	455	481	516	54	55	576	557	610	659
стальные	2 658	2 962	3 179	3 324	3 502	3 737	3 977	4 088	4 197	4 181	4 243

Таблица 2  
Выпуск отливок в США, Англии и странах Европейского общего рынка в тыс. *t* [127]

Страны	Всего			В том числе								
	1958 г.	1964 г.	1964 г. к 1958 г. в %	Чугунное литье			Стальное литье			Цветное литье		
				1958 г.	1964 г.	1964 г. к 1958 г. в %	1958 г.	1964 г.	1964 г. к 1958 г. в %	1958 г.	1964 г.	1964 г. к 1958 г. в %
	США	11 863	16 455	139	10 000	13 750	137,5	1020	1600	157	843	1145
Англия	3 998	4 702	118	3 500	4 145	119	290	275	55	208	282	134
Страны Общего рынка	6 829	8 996	132	5 750	7 457	130	660	780	118	419	629	151
<b>Всего</b>	<b>22 690</b>	<b>30 163</b>	<b>133</b>	<b>19 250</b>	<b>25 352</b>	<b>132</b>	<b>1970</b>	<b>2655</b>	<b>134</b>	<b>1470</b>	<b>2056</b>	<b>140</b>



В силу сложившейся конъюнктуры темпы роста выпуска отливок за 1965—1966 гг. в США значительно возросли и составили 55% против 1958 г. [137, 207]. В 1965 г. выпуск отливок в США составил 18,4 млн. *т*, в 1966 г. 18,93 млн. *т*, в том числе 14,3 млн. *т* из чугуна, 1,96 млн. *т* из стали, 1,03 млн. *т* из ковкого чугуна и 1,64 млн. *т* из цветных сплавов [134].

Рост производства отливок в США в период 1961—1966 гг. и построенные на этом долгосрочные прогнозы объясняются американскими специалистами коренными усовершенствованиями в технике литейного производства, в связи с чем стала экономически целесообразна замена отливками заготовок других видов.

Одним из результатов технического прогресса является постепенное уменьшение штучного веса отливок, поэтому простое сравнение выпуска литья в весовом измерении недостаточно характеризует рост литейного производства. Расширилось потребление высокопрочных сплавов, развилась формовка прессованием под высоким давлением, широко внедряются новые способы изготовления точных и гладких стержней — оболочковых и по горячим ящикам. Все это привело к развитию производства тонкостенных отливок, которые требуются в автомобилестроении, сельскохозяйственном машиностроении и других отраслях. Раньше автомобильные чугунные блоки цилиндров отливали с толщиной стенок 8 мм, затем толщина была уменьшена до 4,8 мм, а в настоящее время она сократилась до 3,2 мм. Вес картера дифференциала грузового автомобиля, изготовленного из поковки весом 425 кг, в механически обработанном виде составляет 131 кг. При изготовлении из стали в литом варианте вес заготовки составляет всего 145 кг, а в обработанном 113 кг.

Захватывающее устройство печатной машины, принимающее лист бумаги и передающее его с большой скоростью, сваривалось из стали. После перевода на литье из высокопрочного алюминия вес детали снизился с 9 до 3,2 кг и, хотя стоимость заготовки в 3 раза выше, уменьшение в 4 раза числа операций обработки снизило стоимость детали вдвое. Станина вентилятора парогенератора в литом исполнении вместо сварного весит 17,2 кг вместо 35 кг. Консольная балка смесителя, отлитая из чугуна с шаровидным графитом, весит 76 кг, что меньше, чем в сварном исполнении, а стоит на 30% дешевле. При этом время обработки сократилось на 33%, сократилась потребность в станочном парке и уменьшился расход инструмента, в результате чего себестоимость снизилась на 20%. Перевод кронштейна радиатора грузового автомобиля со сварки на литье позволил уменьшить стоимость изделия в 2 с лишним раза. Кованая заготовка для сопла паровой турбины весила 198 кг, литая стальная 128 кг. 60% годовой экономии составляла экономия материалов и 40% — обработка и оснастка [142, 188].

Темпы роста литейного производства за 1959—1964 гг. в зарубежных странах приведены в табл. 3.

Темпы роста литейного производства за 1959—1964 гг.  
в зарубежных странах в % к предыдущему году

Годы	США	Англия	Страны Общего рынка	Всего	Годы	США	Англия	Страны Общего рынка	Всего
1958	100	100	100	100	1962	108	94,5	90	99,8
1959	117	99,5	107	111	1963	111	102	112	110
1960	97	112	107	102	1964	111	112	105	111
1961	92	96	110	98	1964 г. в % к 1958 г.	139	122	136	137

Для суждений о тенденциях изменения выпуска отливок в промышленно развитых капиталистических странах весьма существенно, что, несмотря на спады и подъемы в потреблении литья, повсеместно отмечается систематический средний рост выпуска отливок как длительный период 30—35 лет, так и за последний период (1959—1966 гг.) [74, 127, 137, 195].

Годовой выпуск отливок на душу населения, не превышавший в дореволюционной России 3,5 кг, достиг в СССР в 1967 г. 83 кг. Наибольший достигавшийся среднегодовой выпуск на душу населения в зарубежных странах составлял примерно: в США 110 кг, в ФРГ и Англии 90 кг, во Франции 55 кг. Выпуск отливок на одного рабочего, занятого в литейном производстве нашей страны, составлял к тому же периоду в среднем 39 т/год и на одного работающего 35 т (см. гл. III).

Перспективы дальнейшего роста литейного производства в нашей стране определены контрольными цифрами развития народного хозяйства СССР на 1966—1970 гг. Ими предусмотрено увеличение объема продукции машиностроения и металлообработки — главных потребителей литья — в 1,6—1,7 раза.

Анализ потребности развивающегося народного хозяйства в разного рода отливках, проведенный на основании данных комплексного исследования широкого круга предприятий, охватившего около 4000 литейных цехов и позволившего наряду с методом экстраполяции применить наиболее надежный метод прямого обчета с учетом развития применения деталей из пластмасс, легких сплавов и замены в ряде случаев литых деталей сварными, установил необходимый объем выпуска отливок на 1970 г. в количестве около 23 млн. т, в том числе чугунного литья 17 млн. т и стального литья 5 млн. т.

Предусмотренный в текущем пятилетии рост производства отливок (в весовом выражении) примерно на 30% при увеличении валового выпуска продукции машиностроения и металлообработки в 1,6—1,7 раза указывает на снижение удельного расхода отли-

вок, приходящихся на 1 млн. руб. валовой продукции, в среднем на 21%. Удельный расход чугунных отливок сокращается приблизительно на 22%, стальных отливок на 20%, а удельный расход отливок из цветных сплавов остается на неизменном уровне.

Удельный расход отливок, приходящийся на 1 млн. руб. валовой продукции по машиностроению и металлообработке, по данным соответствующих расчетов, характеризуется по СССР в целом следующими величинами (табл. 4).

В табл. 5 приведены расчетные данные о снижении удельного расхода отливок в процентах на 1 млн. руб. стоимости валовой продукции в ведущих отраслях машиностроения в 1970 г. по сравнению с 1965 г.

Анализ табл. 5 показывает, что снижение удельного расхода отливок в целом на 1 млн. руб. валовой продукции намечается во всех отраслях машиностроения. Однако наряду с этим имеет место повышение удельного расхода отливок на 1 млн. руб. валовой

Таблица 4

Удельный расход отливок по машиностроению и металлообработке в 1960—1970 гг. в т/млн. руб.

Виды отливок	1960 г.	1965 г.	1970 г.
Все виды отливок	449	348	274
В том числе:			
чугунные	378	259	201
стальные	108	78	62

Таблица 5

Снижение удельного расхода отливок на 1 млн. руб. валовой продукции по ведущим отраслям машиностроения в 1970 г. по сравнению с 1965 г. в %

Виды отливок	Тяжелое энергетическое и транспортное машиностроение	Электротехническая промышленность	Химическое и нефтяное машиностроение	Станкостроительная и инструментальная промышленность	Производство средств автоматизации систем управления	Автомобилестроение	Тракторное и сельскохозяйственное машиностроение	Строительное, дорожное и коммунальное машиностроение	Машиностроение для легкой и пищевой промышленности
Все виды отливок	20	26	25	3	39	24	22	28	33
В том числе:									
чугунные	23	28	26	8	45	30	20	33	35
стальные	15	21	17	+50	+3	+5	25	22	30
из цветных сплавов	+1,5	17	27	40	23	+18	+17	11	9

Примечание Проценты округлены до единицы.

вого выпуска продукции из стали в станкостроительной и инструментальной промышленности, автомобилестроении и приборостроении и из цветных сплавов в тяжелом, энергетическом и транспортном машиностроении, автомобилестроении, тракторном и сельскохозяйственном машиностроении.

Сокращение удельного расхода отливок на единицу стоимости машиностроительной продукции характерно и для других промышленно развитых стран. Например в ПНР, если принять удельный расход всех отливок, приходящий на 1 млн. злотых стоимости продукции машиностроительной промышленности, в 1960 г. за 100, то в 1965 г. он составил 83, а на 1970 г. намечается 74.

Учитывая, что за период 1950—1960 гг. удельный расход отливок на 1 млн. руб. валового выпуска продукции машиностроения и металлообработки уже сократился примерно вдвое, выполнение предусмотренного снижения удельного весового расхода литых деталей и узлов в продукции машиностроения потребует значительных усилий конструкторов и технологов.

Понадобится осуществление на предприятиях в широком масштабе работ по получению точных литых заготовок, дальнейшее развитие прогрессивных технологических процессов, обуславливающих снижение веса отливок за счет толщины их стенок, допусков и припусков на обработку, увеличение потребления легких сплавов, замена литых заготовок изделиями из синтетических материалов, сварными, сварно-литыми, сварно-коваными конструкциями, точными штамповками, профильным и периодическим прокатом, применение сплавов с повышенными механическими свойствами (высокопрочный чугун, легированное чугунное и стальное литье и т. п.).

Сокращение удельного расхода отливок на 1 млн. руб. валового выпуска достигается не только за счет конструкторских и технологических мероприятий, но и за счет изменения структуры машиностроительной продукции в сторону более сложной, трудоемкой и в то же время менее металлоемкой, а также увеличения кооперированных поставок, приводящих к усилению влияния так называемого «повторного счета»<sup>1</sup>. Последнее тем более вероятно, что (опыт промышленности ГДР) увеличивающееся применение синтетических материалов, бетонных труб, а также сварных и штампованных деталей позволяет сокращать потребность в отливках в значительно меньших пределах [69].

Снижение удельного расхода литых заготовок на 1 млн. руб. валовой продукции сказывается соответственно и на структуре потребления заготовок предприятиями машиностроительной и металлообрабатывающей промышленности (табл. 6).

---

<sup>1</sup> Под «повторным счетом» понимается увеличение суммы валового выпуска за счет отдельного учета стоимости готовых изделий, заготовок и узлов, поставляемых обособленными предприятиями.

**Структура потребления заготовок предприятиями  
машиностроительной и металлообрабатывающей  
промышленности СССР**

Виды заготовок	1965 г.		1970 г.		Виды заготовок	1965 г.		1970 г.	
Отливки . . . . .	46,5	43,1			Фасонный прокат . . Пластмассовые, из ме- таллокерамики и дру- гих неметаллических материалов <sup>1</sup> . . . . .	1,1	3,0		
Поковки . . . . .	5,7	4,5							
Штамповки . . . . .	8,7	8,4							
Сварные конструкции	37,3	38,6						0,7	2,4

\* Коэффициенты приведения: для пластмасс 4, для металлокерамики 2.

Доля отливок в структуре потребления машиностроительных материалов США составляет, по литературным данным, 42%.

Отсутствие существенных изменений в соотношениях в структуре заготовок между отливками, поковками и штамповками подтверждается опытом промышленности США. Так, если принять объем выпуска в США перечисленных заготовок в IV квартале 1958 г. за 100%, то изменения по кварталам характеризуются следующими данными (табл. 7).

Таблица 7

**Соотношение выпуска отливок, поковок  
и штамповок в США в %**

Заготовки	1958 г.	1959 г.				1960 г.				1961 г.	
		I кв.	II кв.	III кв.	IV кв.	I кв.	II кв.	III кв.	IV кв.	I кв.	II кв.
Отливки . . . . .	100	100	115	80	85	100	100	80	80	70	80
Поковки и штамповки . . . . .	100	90	112	83	81	106	90	70	75	75	85

Ряд исследователей в США, занимающихся определением потребности в отливках, пользуется методом сопоставления выпуска литья и выпуска стали, что на определенном отрезке времени имеет для данной промышленной страны довольно постоянную зависимость.

Рассматривая это положение применительно к нашей стране, следует отметить, что наряду с сокращением удельного расхода отливок на единицу стоимости валовой продукции промышленности наблюдается незначительная, но систематическая тенденция к снижению соотношения выпуска отливок к общему выпуску стали в СССР.

Таблица 8

## Соотношение производства отливок и производства стали в СССР

Показатели	1958 г.			1960 г.			1965 г.			1970 г. (ориенти- ровочно)		
	Всего	В том числе		Всего	В том числе		Всего	В том числе		Всего	В том числе	
		чугунных	стальных		чугунных	стальных		чугунных	стальных		чугунных	стальных
Объем выпуска ста- ли в млн. т [5]	54,9	—	—	65	—	—	91	—	—	127	—	—
Объем выпуска от- ливок в млн. т	12,7	9,7	2,7	14,6	11,0	3,2	18,3	13,6	4,1	23,0	17,0	5,0
Отношение объема выпуска отливок к объему выпуска стали в % . . . .	23,2	17,7	4,9	22,4	16,9	4,9	20,2	15,0	4,5	18,0	13,4	4,0

Таблица 9

Соотношение производства отливок и производства стали  
в зарубежных странах в % [127]

Годы	США			Англия			Страны Общего рынка			Англия + страны Общего рынка		
	Всего	В том числе		Всего	В том числе		Всего	В том числе		Всего	В том числе	
		чугунных	стальных		чугунных	стальных		чугунных	стальных		чугунных	стальных
1950	15,5	13,0	1,40	23,4	21,0	1,7	15,1	12,8	1,60	17,9	15,55	1,65
1958	14,8	12,5	1,30	20,0	17,5	1,5	11,0	9,2	1,05	13,2	11,20	1,20
1960	14,6	12,2	1,40	21,6	18,8	1,5	11,2	9,3	1,05	13,6	11,50	1,15
1964	15,0	12,5	1,45	20,4	18,0	1,2	11,4	9,4	1,00	13,3	11,50	1,05

В табл. 8 и 9 приводятся соотношение производства литых заготовок и производства стали в СССР и зарубежных странах. Анализируя приведенные в таблицах данные, видим, что в СССР это соотношение изменяется в сторону снижения удельного веса отливок, в то время как в США оно сохраняется неизменным. В Англии и странах Европейского общего рынка оно также несколько уменьшается.

Если проанализировать более длительный период, например за 20 лет, то во всех зарубежных странах обнаруживаем тен-

денцию к некоторому снижению соотношения объема выпуска отливок к объему выпуска стали: в США на 4,5%, или 0,22% в год, в Англии на 6%, или 0,3% в год и в странах Европейского общего рынка на 10, или 0,95% в год.

Существующий между СССР и зарубежными странами разрыв в удельном весе отливок по отношению к выпуску стали закономерно сокращается. По сравнению с США этот разрыв составлял в 1958 г. 8,4%, со странами Общего рынка 12,2%, с Англией 3,2%, а в 1965 г. он уже составил с США 5,2%, со странами Общего рынка 8,8%; к 1970 г. этот разрыв сократится по предварительным данным еще больше и составит с США примерно 4,5% и со странами Общего рынка 7,1%.

В СССР изменение соотношения объема выпуска отливок с количеством выплавленной стали в сторону уменьшения идет главным образом за счет снижения удельного веса чугунного литья с 17,7% в 1958 г. до 15% в 1965 г. и (намечаемого) 13,4% в 1970 г., т. е. снижение за 12 лет составит 21%. Снижение удельного веса стальных отливок за этот период составило всего 8%, с 4,9% в 1958 г. до 4,5% в 1965 г.; на 1970 г. намечается 12%.

В зарубежных странах при рассмотрении данных за 20-летний период имеет место большее снижение удельного веса стального литья. В США за этот период снижение составило по чугунному литью 4,5%, по стальному литью 14%; в Англии соответственно 10 и 17,5%; по странам Европейского общего рынка 18,5 и 43,5%.

Как видно из табл. 8 и 9, отношение производства отливок к выпуску стали в СССР выше, чем в зарубежных странах. В США оно составляло в 1964 г. 15%, в странах Европейского общего рынка 11,4%, и только в Англии оно находится на уровне СССР — 20,4%.

Большой удельный вес литья в СССР объясняется ограничением в течение ряда лет применения в машиностроении сварных конструкций, изделий из пластмасс, легких сплавов, штампов, профильного и периодического проката.

Кроме того, величина удельного веса литья связана в значительной мере со сложными процессами накопления в стране техники и общим состоянием государственного металлического фонда. В СССР указанный фонд согласно расчетам составлял в начале 60-х годов примерно половину объема металлического фонда США. Сопоставление показателей удельного веса литья в зарубежных странах за ряд лет дает основание предполагать, что большая величина удельного веса литья типична для периодов бурного промышленного развития в этих странах. Ниже приведены данные о распределении чугунных отливок (в процентах) между различными видами изделий в СССР за 1959 и 1965 гг. и зарубежных странах за 1959 и 1964 гг. (табл. 10).

## Распределение отливок из серого чугуна по основным группам в % [127]

Группы отливок	США	Англия	ФРГ	Франция	Италия	Бельгия, Голландия, Люксембург	Итого по всем пере- численным зару- бежным странам	СССР
Отливки для машино- строения, металло- обработки и строи- тельно-бытовые . . .	62,5 *	67,6	70,0	64,0	76,0	83,3	65,5	80,2
	61,8	68,0	68,5	62,5	73,0	71,6	64,7	75,6
Трубы и фитинги	19,5	20,6	14,6	23,8	4,6	13,9	19,0	7,0
	18,7	19,3	14,5	25,8	4,8	11,7	18,2	8,9
Изложницы и поддо- ны для слитков	18,0	11,8	15,4	12,2	19,4	2,8	15,5	12,8
	19,5	12,7	17,0	11,7	22,2	16,7	17,1	15,5
Всего . . .	100	100	100	100	100	100	100	100

\* По зарубежным странам в числителе приведены данные за 1959 г., в знаменателе — за 1964 г.; по СССР в числителе приведены данные за 1958 г., в знаменателе — за 1965 г.

Специалисты ПНР, анализируя указанные отношения в различных странах, предложили зависимость между отношением выпуска отливок в выплавке стали и уровнем выплавки стали на душу населения, которая сводится к следующему эмпирическому уравнению [195]

$$\lg y = 2,1557 - 0,5445 \lg x,$$

где  $y$  — отношение выпуска стальных отливок к выплавке стали в %;

$x$  — объем выплавки стали на душу населения в кг.

При применении этого уровня к данным по нашей стране получим, что выплавка стали на душу населения составляла за 1965 г. 392 кг (91 : 231 869; 91 — объем выпуска стали в 1965 г. в млн. т; 231 869 — численность населения СССР на 1/1 1966 г. в тыс. чел.).

$\lg 392 = 2,529$ , отсюда

$$\lg y = 2,1557 - 0,5445 \cdot 2,529 = 0,7224,$$

откуда  $y = 5,3\%$ .

Применительно к СССР это отношение составляет по фактическим данным за 1965 г. 5%.



Результаты, полученные из уравнения и прямым обчетом, достаточно близки.

В ЧССР машиностроение потребляет 66% всех чугунных отливок [40, 215]; в ГНР чугунные отливки для черной металлургии составляют 24% чугунных отливок в целом, для машиностроения, металлообработки и транспорта 44% и для прочих целей 32%.

В Японии из всего количества чугунных отливок на отливки для машин-орудий (станков, кузнечно-прессовых и литейных машин и т. п.) приходится 31,4%, на изложницы 13,1%, на трубы и фитинги 12,4%, на отливки для текстильных машин 9% и для железнодорожного транспорта 7% [127, 139].

Анализируя приведенные цифры, можно констатировать повсеместную тенденцию к снижению удельного веса машиностроительных отливок в общем потреблении литья за счет увеличения выпуска труб, санитарно-технических изделий, изложниц и поддонов для слитков.

По другим зарубежным данным рекомендуется рост выпуска чугунных отливок рассчитывать по следующей эмпирической формуле:

$$y = a + bx,$$

где  $y$  — коэффициент роста выпуска чугунных отливок по отношению к исходному уровню;

$x$  — коэффициент роста выпуска промышленной продукции;

$a, b$  — постоянные множители, величина которых соответственно 0,48 и 0,52.

Подставляя исходные данные о развитии машиностроительной промышленности и металлообработки в соответствии с утвержденными Директивами XXIII съезда КПСС по пятилетнему плану развития народного хозяйства СССР на 1966—1970 годы, получаем

$$y = 0,48 + 0,52 \cdot 1,65$$

(1,65 — средний уровень роста валового выпуска машиностроения и металлообработки, определенный народнохозяйственным планом на 1966—1970 гг.); откуда  $y = 1,34$ .

Коэффициент роста выпуска отливок, полученный по данной формуле, близок к полученным прямым обчетом и данным о развитии чугунолитейного производства в нашей стране на 1966—1970 гг.

Однако не все рекомендованные в литературе эмпирические зависимости дают совпадающие результаты. Так, обработка статистических данных о темпах развития выпуска чугунных отливок и промышленной продукции за 1955—1961 гг. ряда стран привела исследователей к линейной зависимости, выражаемой следующим уравнением:

$$Y = 1,25X - 3,$$

где  $Y$  — темп роста производства отливок в %;

$X$  — темп роста промышленной продукции в %.

Из этого уравнения следует, что при стабильности уровня промышленного производства ( $X = 0$ ) выпуск отливок уменьшается на 3% в год.

При снижении выпуска промышленной продукции на 4% выпуск отливок будет уменьшаться на 8%, а при увеличении промышленного производства с ежегодным темпом 4% выпуск отливок должен увеличиваться соответственно на 2%.

Однако применение этой формулы к темпам развития машиностроения в нашей стране показало, что она дает показатели, завышенные более чем в 2 раза (78% против 32%). Очевидно, эта формула не является универсальной и пригодна для темпов роста промышленной продукции в пределах 4—5%. То же относится и к предлагаемой эмпирической зависимости между среднегодовыми темпами роста выпуска чугунных отливок и выплавкой стали на душу населения.

Составленное уравнение регрессии, являющееся результатом статистической обработки ряда данных, имеет следующий вид:

$$\lg Y = 2,75 - 0,805 \lg X,$$

где  $Y$  — среднегодовой темп роста выпуска чугунных отливок в %;

$X$  — выплавка стали в кг на душу населения в год.

Решая данное уравнение применительно к нашим условиям, когда  $X = 392$  кг (см. выше),  $\lg X = 2,592$ , получаем

$$\lg Y = 2,75 - 0,805 \cdot 2,592 = 0,66$$

и соответственно  $Y = 4,6\%$ .

Из уравнения следует, что среднегодовой темп роста отливок составляет 4,6%, или 23% на пятилетку.

Таким образом, если второе из уравнений на стр. 17 дает значительно завышенные результаты, то уравнение на стр. 18, наоборот, заниженные.

Английские специалисты, анализируя перспективы развития литейной промышленности страны за длительный период (до 1980 г.), устанавливают, что среднегодовые темпы роста национального расхода на отливки составят 1,9% в период 1964—1980 гг. против 1,2% за 1954—1964 гг. В то же время доля расхода на отливки в общенациональном расходе снижается с 1,6% в 1948 г. до 1,5% в 1954 г., 1,2% в 1964 г., 1,1% в 1970 г. и 0,9% в 1980 г. Рассматривая отдельные отрасли — потребители литья, исследователи подчеркивают, что значительно растет расход на литье для автотракторной промышленности, доля отливок для общего машиностроения остается практически постоянной и для тяжелого машиностроения несколько снижается. Все вместе дает зарубежным исследователям основание предположить, что на-

циональный расход на выпуск чугунных отливок возрастет в 1980 г. по сравнению с 1969 г. на 30%. Объем производства всех видов отливок в Англии составит в 1970 г. 5,5 млн. *t* и в 1980 г. 7 млн. *t* против 4,5—5 млн. *t* в настоящее время [202].

Исходя из указанных обоснований и данных по Франции и Италии, можно предполагать, что выпуск отливок в Англии и в странах Общего рынка составит в 1970 г. 15—16 млн. *t* и в 1980 г. 19—20 млн. *t*.

С точки зрения краткосрочных прогнозов выпуска литья представляет интерес методика, предложенная специалистами США [137]. Она сводится к обоснованию прогнозов не обычными кривыми выпуска отливок, а дифференциальными.

Кривые эти показывают изменение разницы в процентах между выпуском того или иного квартала отдельного года и выпуском такого же квартала предыдущего года, причем за базу принимается прошлогодний квартальный выпуск. Подобные кривые сигнализируют об ожидаемых изменениях в потребности в отливках.

Приведенная методика для краткосрочного прогнозирования применима главным образом в условиях капиталистической системы, однако может быть частично применена и для наших предприятий, позволяя видеть, как работает литейный цех в те или иные периоды и принять необходимые меры к устранению причин, могущих привести к срыву работы литейного цеха или литейного завода.

При использовании всех приведенных выше материалов для прогнозов развития литейного производства следует учитывать, что необходимое увеличение выпуска отливок определяется, помимо роста объема промышленной продукции, такими быстро меняющимися факторами, как структурные сдвиги в промышленном производстве, повышенное применение отливок из легких сплавов, высокопрочного чугуна, легированных сталей, специальных сплавов и совершенствование литейной технологии с преимущественным ростом выпуска более тонкостенных и точных отливок.

Кроме того, на количество отливок будет влиять замена ряда литых изделий (заготовок) сварными и штампованными и, наоборот, применение комбинированных конструкций и вытеснение металла синтетическими и другими материалами.

Для наиболее полного учета перечисленных факторов при определении потребности в отливках на ближайшую перспективу предпочтителен (в итоге анализа результатов проведенной работы и сопоставления различных методов расчета) метод прямого обсчета, основанный на данных о намечаемых сдвигах в выпуске продукции и изменениях в структуре баланса конструкционных материалов по ведущим отраслям промышленности.

Определяемая этим методом потребность в отливках народного хозяйства СССР составит в 1980 г. около 30—35 млн. т.

## 2. ИЗМЕНЕНИЕ СТРУКТУРЫ ВЫПУСКА ОТЛИВОК

Структура выпуска отливок отражает прежде всего структуру продукции, изготовляемой машиностроительными и металлообрабатывающими предприятиями. Анализ состояния производства отливок за прошедший период и планов его развития на 1966—1970 гг., выполненный по данным широкого круга предприятий, в первую очередь машиностроительных, позволил выявить изменение структуры выпуска отливок (табл. 11).

Как видно из этих данных, доля чугунных отливок (включая отливки из ковкого чугуна) к 1970 г. в общем выпуске отливок уменьшается за счет увеличения доли отливок из цветных сплавов. Доля стальных отливок сохраняется на уровне 1965 г.

Таблица 11  
Изменение структуры  
выпуска отливок

Виды отливок	% к общему выпуску отливок		
	1958 г.	1965 г.	1970 г.
Чугунные	76,2	74,4	73,5
Стальные	21,3	22,4	22,4
Из цветных сплавов	2,5	3,2	4,1

Определяющим в соотношениях между чугунным и стальным литьем является распределение его между отраслями промышленности.

Распределение отливок из чугуна и стали по ведущим отраслям отечественного машиностроения видно из данных, приведенных в табл. 12. Из указанных данных следует, что в текущем пятилетии произойдет некоторое перераспределение потребности в литье (как в чугунном, так и в стальном) между отдельными отраслями машиностроения. Удельный вес отливок (в общей потребности всех отраслей машиностроения), потребляемых тяжелым, энергетическим и транспортным, строительным и дорожным машиностроением, а также для легкой и пищевой промышленности понижается. В то же время возрастает удельный вес отраслей массового производства — автомобилестроения, тракторного и сельскохозяйственного машиностроения. Значительное развитие химической промышленности и внедрение прогрессивных видов оборудования и автоматических линий на машиностроительных заводах нашло свое отражение в увеличении удельного веса потребления отливок химическим и нефтяным машиностроением и станкостроением.

Чтобы иметь возможность сопоставить структуру выпуска в зарубежных странах, в табл. 13 приведены данные о структуре выпуска отливок из черных сплавов в этих странах в среднем за несколько лет.

Структура выпуска отливок из чугуна и стали  
по ведущим отраслям машиностроения в % к общему выпуску<sup>1</sup>

Отрасли	Чугунное литье		Стальное литье	
	1965 г.	1970 г.	1965 г.	1970 г.
Тяжелое, энергетическое и транспортное машиностроение . . . . .	13,0	11,7	29,1	27,3
Электротехническая промышленность . . . . .	4,2	4,5	2,17	2,7
Химическое и нефтяное машиностроение . . . . .	8,1	9,2	3,92	6,4
Станкостроительная и инструментальная промышленность . . . . .	12,3	13,0	3,12	3,12
Приборостроение, производство средств автоматизации и систем управления . . . . .	0,9	0,8	0,17	0,18
Автомобильная промышленность . . . . .	14,3	16,6	2,98	6,0
Тракторное и сельскохозяйственное машиностроение . . . . .	25,4	27,8	28,8	30,8
Строительное и дорожное машиностроение . . . . .	4,7	2,6	9,3	9,1
Машиностроение для легкой и пищевой промышленности . . . . .	7,1	5,55	0,44	0,4
Прочие отрасли машиностроения . . . . .	10,0	8,25	20,0	14,0
Всего . . . . .	100,0	100,0	100,0	100,0

<sup>1</sup> Составлено применительно к действующей структуре отраслей машиностроения.

Таблица 13

Структура выпуска отливок в зарубежных странах в % [79]

Страны	Отливки			Отношение объема выпуска чугуновых отливок к объему выпуска стальных отливок
	из серого чугуна	из ковкого чугуна	из стальных сплавов	
США . . . . .	82—85	5,5—6,4	8,7—10,4	9,5—11,6
Англия . . . . .	88—89	3,5—4,7	6,2—7,6	8—8,7
ФРГ . . . . .	86—87	4—5	8,5—9,5	9,5—11
Франция . . . . .	86	2	12	13,5
Италия . . . . .	90	1	9	10
Бельгия . . . . .		85	15	17,5
Швеция . . . . .		92	8	9
СФРЮ . . . . .	87	2	11	12,5
Австрия . . . . .	82—85	3,5	11,5—14,5	13,5—17,5
Япония . . . . .	75—80	5—6	8—13	9,25

Из приведенных в табл. 11 данных видно, что в США на каждую тонну стальных отливок на протяжении ряда лет приходится в среднем 9 *t* чугунных отливок [144]. Это соотношение 1 : 9 удерживается значительное время. В Англии, странах Европейского общего рынка, в Японии за последнее десятилетие выявилась тенденция к некоторому дальнейшему уменьшению доли стального литья.

В ФРГ на каждую тонну стальных отливок приходится 0,5 *t* отливок из ковкого чугуна и 9,5 *t* из серого чугуна, т. е. производство отливок из стали к общему производству отливок из чугуна составляет 1 : 10 и тоже стабильно в течение ряда лет [221]. В то же время в странах с большим удельным весом тяжелого машиностроения, например в Бельгии и особенно в ЧССР, соотношение выпуска стальных и чугунных отливок несколько иное и ближе к тому, которое имеет место у нас. Так, в Бельгии на 1 *t* стальных отливок приходится 5,7 *t* чугунных отливок; в ЧССР это соотношение равно 3,3—3,5 *t* [11, 10].

Сопоставляя структуру выпуска отливок в нашей стране и в зарубежных странах, находим, что наибольшая разница наблюдается в удельных долях стальных отливок и отливок из цветных сплавов.

Анализируя развитие литейного производства СССР, начиная с первых лет индустриализации, видим, что на протяжении всего этого периода темпы роста стального литья опережают темпы роста чугунного литья; в первый период — бурно, затем умеренно, а затем сравнительно стабилизируются. В первый период индустриализации, с 1927 по 1932 гг., выпуск чугунного литья вырос в 3 раза (с 695 000 до 2 190 000 *m*), а стального — в 3,5 раза (с 81 000 до 276 000 *m*), причем соотношение стального литья к чугунному возросло с 11,5 до 12,5%.

Выпуск чугунных отливок с 1933 по 1937 г. возрос в 2 раза (с 2,6 до 5,1 млн. *m*), а стальных — в 3,5 раза (с 0,4 до 1,4 млн. *m*), т. е. с 15 до 27%. В последующие годы (с 1937 по 1965) темпы этого роста уменьшаются и отношение выпуска стального литья к чугунному достигает в 1965 г. 30%, увеличившись за 28 лет только на 3%. Как видно, сохраняется только незначительная тенденция к росту — 0,1% в год, или практически соотношение находится на одном уровне.

Подобный характер развития наблюдался и в капиталистических странах при их индустриализации. Объясняется такое положение, как видно, преимущественным развитием в этот период тяжелого, энергетического и транспортного машиностроения, являющихся основными потребителями стального литья [72].

Например, по американским данным, на каждый грузовой вагон идет 7 *t* стальных отливок, на каждый дизель-локомотив 15 *t* стального литья, что потребовало бы только для вагонного и локомотивного парка США, создавайся он заново, 19,5 млн. *m*.

При нынешнем темпе выпуска стальных отливок в США на производство такого их количества потребовалось бы 13—15 лет. Так как стальные отливки служат длительное время (на железнодорожном транспорте до 30 лет, отдельные отливки для мостов до 100 лет и т. д.), в США находится в эксплуатации 50 млн. т стального литья, что, естественно, резко отражается на его текущем выпуске.

Кроме приведенных факторов, на отличии в структуре выпуска отливок в СССР и США сказалась также и некоторая несопоставимость объемов отдельных отраслей промышленности.

В табл. 14 приводятся данные о производстве основных видов продукции машиностроения в СССР и США.

Таблица 14

Производство основных видов продукции машиностроения в СССР и США [79]

Продукция	СССР <sup>1</sup>	США <sup>2</sup>	Отношение данных по СССР и по США в %
Металлургическое оборудование в тыс. т . . . . .	243	321	76,0
Металлорежущие станки в тыс. шт	185	127	146,0
Кузнечно-прессовое оборудование в тыс. шт. . . . .	34,4	46,7	73,5
Тепловозы и электровозы магистральные в тыс. шт. . . . .	2126	1463	145,0
Грузовые вагоны в тыс. шт. . . . .	39,6	31	125,0
Тракторы (в пересчете на 15-сильные) в тыс. шт. . . . .	799	740	108,0
Тракторные плуги в тыс. шт. . . . .	166	64	260,0
Зерноуборочные комбайны в тыс. шт.	85,8	37,7	232,0
Экскаваторы в тыс. шт. . . . .	24,1	16,0	150,0
Легковые автомобили в тыс. шт. . . . .	201,2	7000	2,85
Грузовые автомобили и автобусы в тыс. шт. . . . .	415,2	1131	36,8

<sup>1</sup> Данные за 1965 г.  
<sup>2</sup> Данные за 1961 г.

Влияние особенностей структуры машиностроительной продукции подтверждается и удельным распределением количества фасонных стальных отливок в СССР и США между изделиями-потребителями. В табл. 15 приводятся данные, характеризующие применение стальных отливок в различных отраслях промышленности СССР и США [130]. Из приведенных данных видно, что 23% всех фасонных стальных отливок, производимых в нашей стране, потребляют предприятия тракторного и сельскохозяйственного машиностроения, в то время как в США — всего лишь 4,2%. Это объясняется типами выпускаемых машин и их конструкцией.

**Распределение стального литья между изделиями-потребителями  
в СССР и США в %**

Изделия - потребители	СССР	США	Изделия-потребители	СССР	США
Тракторы и сельскохозяйственные машины	23,0	4,2	Металлообрабатывающее оборудование	2,9	8,9
Прокатные станы . . . . .	13,9	12,3	Экскаваторы и дорожные машины . . . . .	5,6	11,3
Железнодорожный транспорт . . . . .	22,5	32,5	Трубы и арматура . . . . .	2,2	8,5
Горное оборудование	7,7	5,8	Автомобили . . . . .	2,0	4,7
Энергетическое оборудование . . . . .	6,5	2,3	Суда . . . . .	3,9	1,3
			Разные потребители	9,8	8,2

Например, в СССР в 1964 г. гусеничные тракторы составили 52% [79], а в США — немногим более 10% [127]. В США из общего выпуска тракторов  $\frac{2}{3}$  составили маломощные садово-огородные и моторные культиваторы.

Имеет значение и технология изготовления заготовок (например, в СССР траки делаются литыми, а в США — штампованными и т. д.) [182, 218].

Весьма существенное влияние на столь высокое отношение выпуска стального литья к чугуному в нашей стране оказывает непоставимость производства автомобилей у нас и в США.

На изготовление 1000 автомобилей расходуется в среднем 47 т чугунных отливок, 5,2 т ковкого чугуна, 4,5 т отливок из алюминиевых и цинковых сплавов и почти не расходуется стальное литье.

Автомобилестроение в США потребляет в среднем 1,9 млн. т чугунного литья (14%), 0,07 млн. т стального литья (7%), 0,1 млн. т алюминиевого (30%), 0,25 млн. т цинкового (65%) [133, 87, 243].

Расхождение в структуре выпуска отливок сказалось на значительной разнице, которая имеет место у нас по сравнению с зарубежными странами по выпуску отливок из ковкого чугуна, высокопрочного чугуна с шаровидным графитом и из цветных сплавов.

В СССР из высокопрочного чугуна отливаются коленчатые валы, кулачковые валики и шатуны автомобильных и других двигателей, крупные коленчатые валы весом до 1 т и др. [127].

Выпуск отливок из чугуна с шаровидным графитом растет у нас из года в год.

Из общего мирового выпуска чугуна с шаровидным графитом, составившего в 1967 г., по литературным данным, 2185 тыс. т,



775 000 *t* произвели США и 735 000 *t* Япония. В 1967 г. выпуск отливок из чугуна с шаровидным графитом составил в США 9% выпуска машиностроительных и строительно-бытовых, или около 7,4% всех отливок из серого чугуна [245].

Распределяются в США отливки из чугуна с шаровидным графитом по отраслям машиностроения следующим образом: автомобилестроение 52%, сельхозмашиностроение 9,4%, двигатели внутреннего сгорания 4%, металлорежущие станки 3,6%, насосы и компрессоры 3%, бумагоделательные машины 2,5%, а всего по 15 отраслям машиностроения 84%.

Предполагается, что в дальнейшем в западноевропейских странах доля чугуна с шаровидным графитом повысится до 8—10% общего производства отливок из серого чугуна. На основании этих соотношений производство отливок из чугуна с шаровидным графитом может дойти к 1980 г. до 2,7—3 млн. *t* [127]. Такой рост производства отливок из чугуна с шаровидным графитом приведет к снижению доли стальных отливок и увеличению доли чугунных.

Рост выпуска чугунных отливок за счет относительного сокращения выпуска стальных отливок является результатом как экономичности процесса, так и достижений в области производства чугунного литья.

В США с 1961 г. по 1966 г. выпуск отливок из серого чугуна, включая и отливки из чугуна с шаровидным графитом, непрерывно изменялся и достиг в 1966 г. 14,3 млн. *t*, против 12,3 млн. *t* в 1962 г. и 9,7 млн. *t* в 1961 г. За этот период доля отливок из серого чугуна в общем выпуске литья снизилась с 78 до 75%. Начиная с 1963 г., темпы роста выпуска отливок из серого чугуна и общего выпуска литья весьма близки между собой. В 1965 и 1966 г., как и в предыдущие годы, около 63% веса отливок из серого чугуна составляли отливки для машиностроения, металлообработки и строительно-бытовые, 21% изложницы и поддоны для слитков и 16% трубы и фитинги к ним.

За период 1961—1967 гг. непрерывно увеличивалось производство отливок из чугуна с шаровидным графитом, обгоняя рост выпуска отливок из черных и цветных сплавов. Его выпуск составил в 1961 г. 175 000 *t*, в 1962 г. 250 000 *t*, в 1963 г. 337 000 *t*, в 1964 г. 500 000 *t*, в 1965 г. 60 000 *t*, в 1966 г. 700 000 *t* и в 1967 г. 775 000 *t*, что почти в 4,5 раз больше, чем в 1961 г.

В настоящее время около 25% отливок из чугуна с шаровидным графитом заменяют литье из ковкого чугуна, 20% из серого чугуна, 15% из стали; остальные 40% заменили кованные и сварные заготовки. Уже сейчас в автомобилестроении ежегодно около 260 000 *t* кованных коленчатых валов, кулачковых валиков и других деталей заменяются отливками из чугуна с шаровидным графитом. Номенклатура этих отливок расширяется за счет шату-

Нов, ступиц и др., в связи с чем ожидается, что автомобилестроение вскоре будет потреблять свыше 500 000 *t* в год отливок из чугуна с шаровидным графитом взамен кованных деталей. Среди отливок из чугуна с шаровидным графитом на втором месте после автотракторного литья находятся трубы, выпуск которых в 1965 г. уже подошел к 200 000 *t*. Одна из американских фирм заменила стальные литье корпусов и крышек цилиндров компрессоров отливками из чугуна с шаровидным графитом [191].

К еще большему спросу на отливки из чугуна с шаровидным графитом должен привести дальнейший технический прогресс в этой области (имеется в виду совершенствование способов получения исходного металла, способов его обработки, в том числе редкими элементами; плавка и заливка под вакуумом и другие меры, которые, очевидно, приведут к получению чугуна с шаровидным графитом с пределом прочности при растяжении свыше 100  $\text{кг/см}^2$ ).

Приведенные данные показывают, как быстро растет в США промышленное применение отливок из чугуна с шаровидным графитом.

Весьма благоприятные перспективы производства отливок из чугуна с шаровидным графитом побуждают американскую литейную промышленность к наращиванию соответствующих мощностей. Новые цехи и отделения организуют крупнейшие автомобильные концерны, в том числе Дженерал Моторс, Крайслер. Крупный цех строит фирма, выпускающая дорожные машины. Увеличивают свои мощности по литью из чугуна с шаровидным графитом и многие мелкосерийные чугунолитейные предприятия, которые, учитывая, что в ряде случаев производство их обходится дешевле чем других отливок из серого чугуна повышенной прочности или стальных.

Выпуск отливок из ковкого чугуна в США достиг в 1966 г. 1 050 000 *t*. Доля отливок ковкого чугуна в общем выпуске литья за последние годы непрерывно повышалась и составила в 1961 г. 5,2%, в 1965 г. 5,5% и в 1966 г. 5,7%. На протяжении 15 лет все большее применение в выпуске отливок из ковкого чугуна имеет перлитный ковкий чугун.

В 1951 г. отливки из перлитного ковкого чугуна составляли всего 4,5%, в 1965 г. уже 27%, а в 1966 почти 30% общего выпуска отливок ковкого чугуна.

Основными потребителями отливок из ферритного ковкого чугуна продолжают оставаться автомобилестроение и сельскохозяйственное машиностроение. Около 50% производимых в США отливок из ковкого чугуна потребляет автомобильная промышленность, 18% — производство тракторов и тягачей, 11% — производство сельскохозяйственных и строительных машин, 10% — производство клапанов и фитингов; остальные 11% распределяются между машиностроением и прочими отраслями. В настоя-

щее время из перлитного ковкого чугуна изготавливают сложные и тяжело нагруженные детали — звездочки, шестерни, коленчатые валы.

Увеличение выпуска отливок из перлитного ковкого чугуна вызвано растущим использованием их не только в автомобилях и тракторах вместо деталей из стального проката, но также и при изготовлении отливок для специальных изделий — оборонного значения, установок для опреснения воды, электрических автомобилей и т. п. Увеличится потребление также в электротехнической промышленности, сельскохозяйственном машиностроении, в вагоностроении, в производстве строительных машин. Полагают, что реальная мощность по выпуску отливок из ковкого чугуна составит в 1968 г. 1 260 000 *т*. Выпуск стальных отливок достиг в 1966 г. 1 950 000 *т* и составил 10% в общем выпуске отливок.

Из потребителей стального литья в США на первом месте находится железнодорожный подвижной состав, на долю которого приходится в настоящее время около 30% производимых стальных отливок, среди которых заметное место занимают литые колеса. Около 13% стального литья уходит на прокатные станы и 12% на строительно-дорожные машины. Автомобилестроение потребляет 5%, а тракторостроение 4,5% всего производства стального литья.

Соотношение между отливками из углеродистых и легированных сталей остается в последние годы довольно постоянным, на уровне 70 : 30.

Затраты на прирост выпуска стальных отливок значительно выше, чем на прирост выпуска чугунных отливок. Расчет показал, что на 1 *т* прироста выпуска стальных отливок требуется почти на 50% больше капитальных затрат, чем на 1 *т* прироста чугунных; соотношение по себестоимости стальных и чугунных отливок составляет примерно 1,5 : 1. Производительность труда при изготовлении стальных отливок на 30% ниже, чем при изготовлении чугунных.

На сокращение удельной потребности в стальных отливках и соответствующее изменение структуры их выпуска в СССР в текущей пятилетке окажет влияние развитие применения сварных, сварно-литых и сварно-штампованных деталей вместо литых, а также увеличение выпуска отливок из высокопрочного чугуна с шаровидным графитом, многие механические свойства которого находятся на сравнимом уровне со свойствами отливок из стали [14, 21, 22].

Выпуск отливок из цветных сплавов получил за последние 10—15 лет значительный рост почти во всех промышленно развитых странах. За пять последних лет выпуск отливок из легких сплавов возрос в США в 1,7 раза, в Англии в 2 раза, в ФРГ в 3,5 раза, во Франции почти в 3 раза; из цинковых сплавов

в США в 1,6 раза, в Англии более чем в 3 раза, в ФРГ в 5,3 раза, во Франции примерно в 4 раза, а в Италии в 5 раз. Такой рост выпуска цветного литья, несмотря на относительно высокую стоимость исходных материалов, связан как с его эксплуатационными свойствами, так и с литейной технологичностью цветных сплавов, позволяющими успешно применять прогрессивные технологические способы литья — литье под давлением, в кокиль и центробежное. Получение отливок высокой точности и чистоты поверхности с необходимыми механическими свойствами обеспечивает прогрессивные технико-экономические показатели.

Выпуск отливок из алюминиевых сплавов в США почти непрерывно повышался. По темпам роста выпуск алюминиевого литья опережал общий выпуск отливок. В 1950 г. было произведено 285 000 *t* алюминиевых отливок, что составляло 2,1% общего выпуска, в 1955 г. 375 000 *t* (2,2%), в 1961 г. 350 000 *t* (2,7%), в 1965 г. 632 000 *t* (3,4%), а в 1966 г. 725 000 *t* (3,7%). Таким образом за 16 лет выпуск алюминиевых отливок возрос почти в 2,4 раза, тогда как общий выпуск отливок — примерно на  $\frac{1}{3}$ .

Американское автомобилестроение потребляет около половины всех производимых в стране отливок из алюминиевых сплавов. Массовость легкового автомобилестроения отражается и на структуре выпуска по способам литья. За 1955—1964 г. доля алюминиевого литья в разовые формы снизилась с 20 до 15%, но в 1965 г. вновь поднялась до 19%; доля литья в кокиль оставалась в пределах 32—33%, упав до 24% в 1965 г.; доля же литья под давлением непрерывно повышалась с 45% в 1955 г. до 57% в 1965 г. и 60% в 1966 г.

Выпуск отливок из цинковых сплавов также непрерывно увеличивается. В 1950 г. было выпущено 235 000 *t* цинкового литья, что составляло 1,7%, в 1965 г. 520 000 *t*, или 2,8%, а в 1967 г. 575 000 *t*, или 3% общего выпуска литья. При этом около 98% цинковых отливок было получено методом литья под давлением.

Годовой выпуск отливок из медных сплавов за 1950—1965 гг. практически не изменялся и оставался на уровне 400 000 *t*. Из общего количества производимых отливок из медных сплавов около 90% получают в песчаных формах, 5,5% в кокилях и лишь 5% под давлением. Основным потребителем все время остается арматурное производство.

В Англии мощность чугунолитейной промышленности составляла в 1967 г. около 4600 тыс. *t*, в том числе 260 000 *t* ковкий чугун.

В 1965 г. в Англии было произведено около 80 000 *t* отливок из чугуна с шаровидным графитом, что составляет примерно 2% всего выпуска отливок из серого и других чугунов (главным образом это водопроводные трубы, автомобильные и машиностроительные отливки).

На одном из заводов Англии в литейном цехе переведено на чугун с шаровидным графитом свыше 1500 наименований изделий, в том числе оси, цапфы, шкивы, рычаги, траверсы, кронштейны и другие детали мощных механизированных топок и углемольных машин. Достижимая при этом экономия в затратах выражается в 20—30% и больше [245].

Между отдельными видами отливок суммарный выпуск распределялся в 1966 г. следующим образом: отливки из серого чугуна — 83%, отливки из ковкого чугуна 4,5%, стальное литье 6,5% и цветное литье 6%.

Общий выпуск отливок из цветных сплавов в Англии в 1966 г. составил 270 000 *t*. Алюминиевого литья было произведено в 1966 г. 110 000 *t*, из которых 15% в разовых формах, 52% в кокиль и 33% под давлением. Выпуск отливок из цинковых сплавов составил 75 000 *t*, из сплавов на медной основе 80 000 *t* и из магниевых 10 000 *t*.

В ФРГ общий выпуск отливок из черных и цветных сплавов распределялся в 1966 г. следующим образом: серый чугун 3 359 000 *t*, или 79,7%, в том числе с шаровидным графитом 140 000 *t*, или 4% выпуска серого чугуна; ковкий чугун 258 000 *t*, или 5,2%; стальное литье 298 000 *t*, или 7% и цветное литье 346 000 *t*, или 8,1%.

В структуре выпуска отливок из серого чугуна по отраслям-потребителям в 1966 г. автомобильное литье составило 16%, доля машиностроительных отливок 30%, литье для нужд металлургии 18% и для строительно-бытовых нужд 23%.

Автомобилестроение ФРГ потребляет 62% всех производимых в стране отливок из ковкого чугуна.

В структуре выпуска стального литья по отраслям-потребителям доля автомобильного литья в 1966 г. составила 12%, машиностроительного 40% и прочего 48%.

За 1966 г. произведено было цветного литья 345 600 *t*, в том числе 174 000 *t* из алюминиевых сплавов, 36 500 *t* из магниевых, 78 200 *t* из медных, 49 200 *t* из цинковых, 7100 *t* из свинцовых, 360 *t* из оловянных и 195 *t* из никелевых сплавов.

По способам литья выпуск 1966 г. распределяется следующим образом (в процентах): в разовые песчаные формы 18,6, в кокиль 32,4, центробежное 3,1, непрерывное 2,5, под давлением 42,7, биметаллическое 0,4 и художественное 0,3.

За 1950—1966 гг. производство отливок из медных сплавов в ФРГ увеличилось вдвое, алюминиевых отливок в 6 раз, цинковых в 8 раз и магниевых в 20 раз. Эта динамика отражает развитие автомобилестроения в данной стране и определяющее значение производства легковых автомобилей средней и малой мощности.

Во Фракции общий выпуск всех видов литья в 1965 г. составил 2 613 000 *t*, в том числе выпуск отливок из серого чугуна 2 154 000 *t*, или 82,5%, из ковкого чугуна 76 000 *t*, или 3%,

стального литья 225 000 *t*, или 8,3% и отливок из цветных сплавов 158 000 *t*, или 6,2%.

Из 2 154 000 *t* отливок из серого чугуна, произведенных в 1965 г., около 55% составляют машиностроительное литье, 20% строительно-бытовое и 25% напорные трубы разного назначения.

Из общего выпуска 76 тыс. *t* ковкого чугуна около 40% потребляет автомобилестроение, 20% сельскохозяйственное машиностроение, 10% прочие отрасли машиностроения; остальные 30% приходятся на фитинги.

Машиностроительные отливки во Франции производятся из черносердечного ферритного и перлитного ковкого чугуна, фитинги же из черно- и белосердечного ковкого чугуна.

Из общего выпуска 225 000 *t* стального литья 12% потребляет автомобилестроение и лишь 5% сельскохозяйственное машиностроение, что характерно для относительно небольшого выпуска грузовых автомобилей и тракторов.

За последние годы производство алюминиевого литья во Франции увеличивалось в среднем на 5% в год, а его наиболее молодая отрасль — производство литья под давлением — на 17% в год. Однако по сравнению с другими странами Франция еще отстает по годовому выпуску отливок на душу населения, особенно по выпуску отливок под давлением. В 1966 г. на душу населения было произведено алюминиевого литья в США 3,2 *кг*, в ФРГ 2,8 *кг*, во Франции 2,2 *кг*, в Италии 1,6 *кг*, в Японии 1,45 *кг*.

Отливок под давлением в том же 1966 г. приходилось на душу населения в США 1,85 *кг*, в ФРГ 0,95 *кг*, в Италии 0,8 *кг*, в Японии 0,7 *кг* и во Франции только 0,6 *кг*. Значительный рост выпуска алюминиевых отливок во Франции в 1966 г. объясняется тем, что на двух последних французских моделях легковых автомобилей ставятся алюминиевые блоки цилиндров. Из произведенного во Франции алюминиевого литья 69% потребляет автомобилестроение, 4,5% станкостроение, 7,1% прочие отрасли машиностроения, 6,4% электротехническая промышленность и 4,2% производство бытовых приборов.

Выпуск латуни и бронзового литья за последние годы практически стабилизировался на уровне 45 000 *t*, выпуск же цинкового литья достигает 50 000 *t* в год.

В общем выпуске отливок из цветных сплавов алюминиевые отливки составляют в Италии 50%, во Франции 56% и в ФРГ 58%.

Выпуск отливок из латуни в Италии достиг в 1963 г. 27 000 *t* и снизился в 1964 г. до 22 500 *t*, причем способом литья под давлением было произведено 2000 *t* отливок против 2200 *t* в предшествующем году. Бронзовых отливок в 1964 г. также было выпущено значительно меньше, чем в 1963 г., — всего 17 500 *t* против 24 000 *t*.

С 1955 г. до 1963 г. производство цинковых отливок способом

под давлением увеличилось с 3700 до 22 000 *t* и сократилось в 1964 г. до 17 000 *t*.

В Японии с 1958 г. по 1963 г. примерно удвоился выпуск отливок из черных и цветных металлов, в последующие же годы общий выпуск литья еще увеличился и составил в 1967 г. всего 5 057 000 *t*, в том числе по серому чугуна 3 070 000 *t*, или 60,5% общего выпуска литья; по ковкому чугуна 280 000 *t*, или 5,6%; по стальному литью 660 000 *t*, или 13%.

В структуре выпуска отливок, в целом близкой к структуре в промышленно развитых странах, обращает на себя внимание относительно высокая доля стального литья, в чем сказывается сильно развитое судостроение. Последний фактор в известной мере определяет и особенно высокие темпы развития в Японии производства отливок из чугуна с шаровидным графитом. В 1965 г. здесь было произведено 400 000 *t* отливок из чугуна с шаровидным графитом, что составляет 15,7% выпуска отливок из серого чугуна и 12,5% суммарного выпуска чугуниного и стального литья. Для сравнения можно указать, что в 1965 г. это отношение было около 5% в США и меньше 4% в ФРГ.

В 1966 г. в Японии было произведено 144 000 *t* отливок из алюминиевых сплавов, в том числе свыше 70 000 *t* литьем под давлением.

В Индии к началу 1966 г. работало свыше 5000 литейных цехов, производивших немногим более 2 млн. *t* в год отливок из черных и цветных металлов. Преобладали мелкие и средние литейные цехи. За последние 10 лет в разных штатах Индии созданы новые литейные цехи и предприятия на высочайшем современном уровне. Некоторые из них по мощности, оборудованию, планировке, а также по разнообразию и качеству производимых отливок могут быть поставлены в ряд с лучшими в мире.

На 14 предприятиях изготавливают отливки из чугуна с шаровидным графитом в количествах, обеспечивающих внутренний спрос. В этих цехах, помимо литья в разовые песчано-глинистые формы, получила заметное применение современная технология, в том числе литье в оболочковые формы, CO<sub>2</sub>-процесс, Шоу-процесс, литье по выплавляемым моделям и по газифицируемым моделям. Большинство вагранок холодного дутья, но работают также вагранки горячего дутья, имеются индукционные печи и используется дуплекс-процесс; вагранка — барабанная или индукционная печь.

Около 17 000 *t* в год отливок из ковкого чугуна производит 21 литейный цех с общей годовой мощностью 30 500 *t*. Запланированы ввод в действие еще 25 литейных цехов ковкого чугуна общей мощностью 48 500 *t* и расширение существующих литейных цехов. Ожидается, что к 1970—1971 гг. общая годовая мощность литейных цехов ковкого чугуна достигнет 115 000 *t*.

В 1965 г. в Индии работало 37 фасонносталелитейных цехов с общей годовой мощностью 250 400 *t* и строилось 13 предприятий

мощностью 57 000 *m/год*. Имеется в виду к концу 1970—1971 гг. ввести в эксплуатацию еще 31 фасонносталелитейный цех с общей мощностью 127 000 *m/год*, в связи с чем полная общая годовая мощность по выпуску стальных отливок достигнет 435 000 *m*, а реальный годовой выпуск — около 257 000 *m*, что почти в 2,5 раза превысит выпуск 1965—1966 гг. (112 000 *m*).

Значительный прогресс достигнут в производстве отливок из легких сплавов в песчаных формах, в кокиль и под давлением. Производимые отливки удовлетворяют строгим требованиям самолетостроения и других отраслей.

Локомотиво- и вагоностроение потребляет ежегодно 3000 *m* бронзовых отливок и 6000 *m* отливок из антифрикционных сплавов.

В 1970—1971 гг. в Индии общий выпуск отливок всех видов превысит 4 млн. *m*, т. е. удвоится по сравнению с нынешним.

При прогнозировании развития советского литейного производства представляет значительный интерес не только структура по сплавам, которая нами была рассмотрена довольно подробно, но и по развесам и серийности.

В табл. 16 и 17 приводятся данные по весовым категориям и серийности литья из разных сплавов по состоянию на 1963 и 1965 гг. и прогноз на 1970 г., полученные в результате исследования.

Исследования, проведенные в этом направлении, позволили впервые охарактеризовать состояние производства литья в СССР по указанным признакам и выявить определенные тенденции, что дает возможность технически обоснованно подходить к вопросам развития литейного производства.

Развес находится в прямой зависимости от характера машиностроительной продукции. Преобладающими являются более мел-

Таблица 16

Выпуск чугунных и стальных отливок в 1963, 1965 и 1970 гг.  
(прогноз) по развесу в %

Род отливок и развес в кг	1963 г.	1965 г.	1970 г.	Род отливок и развес в кг	1963 г.	1965 г.	1970 г.
Чугунные				Стальные			
До 20	28	28	30,5	До 20	31,3	31,4	30,0
20—100	22,4	22,8	26,0	20—100	24,4	25,8	27,0
100—500	17,7	18,8	16,4	100—500	18,7	17,8	19,2
500—1000	3,3	3,0	3,2	500—1000	10,4	9,7	8,9
1000—2000	4,4	4,1	3,8	1000—2000	3,8	3,7	3,8
2000—5000	10,3	9,5	8,7	2000—5000	4,9	5,0	4,7
5000—20 000	12,3	12,2	10,0	5000—20 000	5,4	5,4	4,9
Свыше 20 000	1,6	1,6	1,4	Свыше 20 000	1,1	1,2	1,5
Всего . . .	100	100	100	Всего . . .	100	100	100



Выпуск чугунных и стальных отливок в 1963, 1965,  
1970 гг. (прогноз) по серийности в %

Род отливок и серийность их выпуска в шт.	1963 г.	1965 г.	1970 г.	Род отливок и серийность их выпуска в шт.	1963 г.	1965 г.	1970 г.
Чугунные				Стальные			
До 30	4,35	4,85	3,88	До 30	7,45	7,85	7,68
100	8,08	7,85	8,55	100	21,45	20,2	20,3
200	4,23	4,17	4,5	200	4,15	4,84	5,94
500	1,57	2,16	1,72	500	2,35	2,32	1,98
1 000	8,3	7,58	8,05	1 000	7,7	7,3	9,36
5 000	8,65	8,4	7,5	5 000	14,55	14,9	13,6
20 000	5,45	5,15	5,35	20 000	11,9	11,8	10,8
Свыше 20 000	59,37	59,84	60,45	Свыше 20 000	30,17	30,79	30,34
Всего . . .	100	100	100	Всего . . .	100	100	100

кие развесы (до 100 кг), характерные для массового и крупносерийного производства (табл. 16).

Характер производства по серийности определяется исходя из количества отливок в партии (табл. 17). При этом крупносерийное и массовое производство (с выпуском в серии свыше 5000 шт. для черных сплавов) составляло 65% по чугунному литью и 42,5% по стальному литью; серийное производство (с выпуском от 500 до 5000 шт. в серии для чугунных и стальных отливок составляло 14,8% по чугунному литью и 22,2% по стальному литью; мелкосерийное производство (с выпуском от 30 до 500 шт. в серии для черных сплавов) соответственно 14,4 и 27,4% и, наконец, единичное производство (с выпуском до 30 шт. в серии для черных сплавов) — соответственно 4,8 и 4%.

Как показало исследование, весовая структура отливок (табл. 16) и структура серийности (табл. 17) сохраняются в ближайшие годы почти неизменными, с некоторой тенденцией в сторону увеличения доли мелких чугунных отливок (развесом до 100 кг) — на 11% и крупных стальных отливок (развесом свыше 20 т) на 15%. Такая же тенденция в сторону увеличения наблюдается и по крупносерийному и массовому производству (кроме стального литья), особенно в настоящее время, когда предусмотрено значительное развитие автомобильной промышленности.

Расширение производства чугунных отливок вместо стальных не должно быть связано с увеличением потребления доменного литейного чугуна. Изменение структуры потребляемых шихтовых материалов, в частности применение синтетического чугуна и

индукционной плавки вместо ваграночной, окажут серьезное влияние на снижение расхода штыкового чугуна в шихте.

В нашей стране неоправданно высок уровень применения в шихте доменного литейного чугуна. Так в 1965—1967 гг. на 1 т годных чугунных отливок на наших предприятиях расходовалось около 700 кг литейного доменного чугуна, а в США 260 кг [41].

В течение последних десятилетий происходит закономерное снижение расхода литейного чугуна на производство отливок, однако темпы его недостаточны. Так, за период с 1927 по 1957 г. он снизился в нашей стране на 15% (за последнее десятилетие положение не изменилось), в то время как в США на 46%. С 1956 по 1963 г. расход доменного чугуна на 1 т годных чугунных отливок снизился в США с 400 до 260 кг, или на 35%, в Англии с 630 до 480 кг, или на 25,5%, в ФРГ с 600 до 440 кг, или на 26,5%, во Франции с 650 до 550 кг, или на 15% [127]. В то же время в перечисленных зарубежных странах увеличился расход покупного скрапа, а удельный расход оборотного лома оставался на одном уровне, близком к 400 кг на 1 т годного литья [199].

В последние годы за рубежом уделяется много внимания поискам лучших способов ваграночной плавки, с возможно большим содержанием в шихте стального скрапа. Именно этой цели подчинены конструкции разного рода вагранок с горячим дутьем, металлургических вагранок (МВС) и др. Удельный расход стального скрапа в перечисленных странах повысился за 1955—1963 гг.: в США с 125 до 200 кг на 1 т годных отливок, в Англии с 95 до 175 кг, в ФРГ со 100 до 180 кг, во Франции с 95 до 160 кг. Таким образом, рост применения скрапа составил за этот период от 160 до 184% [229].

Вопрос изменения структуры шихты чугунного литья является особенно важным потому, что увеличение в шихте стального скрапа повышает прочностные свойства отливок, а это позволяет снизить их вес. Кроме того, снижение удельного расхода доменных чугунов и увеличение доли чугунного и стального скрапа значительно снижают стоимость шихтовых материалов, что особенно важно в настоящее время, когда внедряются методы экономического стимулирования.

---

## ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ И ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ СПЕЦИАЛИЗАЦИИ ЛИТЕЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА

### 1. СПЕЦИАЛИЗАЦИЯ ЛИТЕЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА И ЕЕ ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ

Социалистическое народное хозяйство создает исключительные возможности для планового развития специализации промышленности. Развитие литейного производства в нашей стране предусматривается в основном за счет организации специализированных централизованных литейных заводов, обслуживающих на началах кооперирования кусты машиностроительных и других предприятий, а также за счет развития на основе специализации крупных литейных цехов машиностроительных и других заводов с высоким уровнем техники [61, 119, 125].

Целью специализации литейного производства является, как уже указывалось во введении, такая концентрация изготовления однородных отливок, которая создает условия для применения наиболее эффективных способов получения отливок, внедрения самых производительных процессов и механизмов, высокой степени использования оборудования, прогрессивной организации производства, что обеспечивает получение отливок требуемого качества с наименьшими затратами труда и низкой себестоимостью [131].

Отливки, имеющие наибольшее применение в народном хозяйстве, в зависимости от условий изготовления могут быть разделены на пять групп.

1. Отливки, получаемые специальными способами, например части инструментов, приборов, двигателей, изделия ширпотреба и др.

2. Отливки специальных видов, производство которых носит массовый характер, — отопительные радиаторы, ванны и другие санитарно-технические изделия, изложницы, трубы и др.

3. Отливки машиностроительные, производство которых носит массовый и крупносерийный характер, — заготовки для деталей и узлов автомобилей, тракторов, сельскохозяйственных машин, вагонов, электродвигателей, швейных машин и др.

4. Отливки машиностроительные с мелкосерийным и единичным характером изготовления — заготовки деталей и узлов металло- и деревообрабатывающих станков, литейных и кузнечно-прессовых машин, компрессоров, дизелей, электровозов и др.

5. Отливки машиностроительные тяжелые уникальные — заготовки для деталей и узлов тяжелых станков и прессов, крупных турбин, прокатных станов и другого металлургического оборудования.

Основные направления специализации литейного производства приведены в табл. 18.

Таблица 18

Основные направления специализации литейного производства [222, 227]

Группа отливок	Признаки специализации	Характер специализации	Форма специализации
I. Отливки, изготавливаемые специальными способами	Способ изготовления	Технологические и предметные потоки	Цехи специальных способов литья
II. Отливки специальных видов	Способ изготовления и объект производства	Предметные потоки	Заводы литых изделий
III. Машиностроительные отливки с массовым и крупносерийным характером изготовления	Технологический процесс и объект производства	Групповые предметные потоки	Литейные цехи машиностроительных и литейных заводов
IV. Машиностроительные отливки с мелкосерийным и единичным характером изготовления	Технологический процесс	Технологические потоки	Литейные заводы
V. Отливки машиностроительные тяжелые уникальные	Вес отливки	Технологические участки	Цехи литейных и машиностроительных заводов

Различают три вида специализации: предметную, детальную и технологическую. Для первого вида характерно производство однородной законченной продукции; для второго — самостоятельное обособленное производство по изготовлению отдельных частей изделий; при третьем виде специализации — отдельные операции превращаются в самостоятельные производства [9, 37].

Многообразие способов литейного производства и условий, в которых оно протекает, предусматривает применение всех трех видов специализации. Однако характер продукции и уровень технологии литейного производства позволяет рекомендовать для

изготовления перечисленных выше групп отливок следующие четыре основных направления специализации [224]:

- а) по способу изготовления;
- б) по способу изготовления и объекту производства;
- в) по технологическому процессу (имеются в виду процессы, составляющие наиболее распространенный способ изготовления отливок, например в объемных песчаных формах);
- г) по технологическому процессу и объекту производства (для тяжелых отливок по весу).

В пределах каждого из перечисленных направлений специализации возможно дополнительное деление в зависимости от рода применяемого сплава, требований, предъявляемых к отливкам, веса и размера последних и т. д.

## **2. РАЗВИТИЕ И ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ СПЕЦИАЛИЗАЦИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ОТЛИВОК СПЕЦИАЛЬНЫМИ СПОСОБАМИ**

Производство отливок специальными способами литья возросло за 1958—1965 гг. в 2,3 раза, обгоняя по темпам почти на 50% общий рост выпуска отливок.

В ближайшие годы продолжится развитие специализации следующих специальных способов литья, имеющих значительное промышленное применение: литье в оболочковые формы, по выплавляемым моделям, в кокиль, центробежное, литье под давлением. Кроме того, будут осваиваться и внедряться другие специальные способы, не нашедшие пока широкого применения, например способы литья в гипсовые и стеклянные формы, Шоу-процесс, жидкая штамповка и др.

Изучение особенностей специализации изготовления отливок специальными способами и выявление потребности народного хозяйства в таких отливках определили оптимальную форму развития их производства на текущем этапе роста промышленности путем организации крупных цехов, специализированных по способу литья.

**Литье в оболочковые формы** применяется в основном при изготовлении отливок из чугуна для деталей с массовым и крупносерийным выпуском — деталей тракторов, автомобилей, текстильных машин и т. п. Рационально применение этого метода и для получения ряда отливок серийного выпуска, таких, как цилиндры воздушного охлаждения, у которых за счет точности удается достигнуть резкого снижения объема механической обработки. Снижение допусков и припусков на обработку при переходе с обычного способа литья на литье в оболочковые формы приводит в ряде случаев к значительному сокращению трудоемкости механической обработки, а вес отливок за счет их большей точности снижается на 15—20%. Большое распространение получает

применение оболочковых стержней, обеспечивающих в сочетании с обычной формой повышенное качество отливок. При этом резко сокращаются затраты труда на очистные операции.

Объем производства отливок этим способом составил в СССР в 1958 г. около 50 000 *t* (0,5% всего выпуска чугунных отливок) [77]. В 1963 г. он составил уже 84 000 *t*, или 0,65%, в 1965 г. около 90 000 *t*, или 0,7%, а в 1967 г. — 106 000 *t*.

Анализ выпуска литья за ряд истекших лет позволил несколько уточнить предварительные наметки по темпам развития способа литья в оболочковые формы и более обоснованно подойти к исчислению объемов, намечаемых на 1970 г. (см. ниже).

Производство основной массы литья в оболочковые формы и изготовление оболочковых стержней организуется в существующих литейных цехах путем соответствующего их переоборудования. Примером может служить цех литья в оболочковые формы на машиностроительном заводе им. 1 Мая в Москве, организованный на площади бывшего цеха литья в сырые песчаные формы серого чугуна. Кроме того, уже построены и введены в эксплуатацию крупные цехи оболочкового литья.

На Горьковском автомобильном заводе успешно работает комплексно механизированная линия по изготовлению коленчатых валов методом литья в оболочковые формы. На московском автомобильном заводе им. И. А. Лихачева организовано производство оболочковых стержней на 12-позиционном автомате. На Владимирском тракторном заводе введен в эксплуатацию цех по производству заготовок для гильз. На одном из инструментальных заводов действует цех для литья патронов токарных станков. Создаются новые специализированные цехи литья в оболочковые формы с разным характером производства, в том числе крупнейший цех на Тихвинском центрлите.

В ближайшем будущем все основное изготовление отливок литья в оболочковые формы будет сосредоточено в специализированных цехах, поэтому надобность в подавляющей части мелких цехов и участков отпадет и они будут закрыты; средняя мощность специализированного цеха литья в оболочковые формы достигнет в нашей стране порядка 7000 *t*. Выпуск цехов с массовым характером производства будет доходить до 30 000 *t/год*, а в отдельных случаях и более.

Рекомендуемая мощность мелкосерийных цехов литья в оболочковые формы, оправдывающая создание специализированных производств, составляет согласно ряду типовых мощностей специализированных литейных цехов примерно 5000—7000 *t/год*. Такие цехи строятся в настоящее время на ряде центрлитов нашей страны.

В США выпуск отливок в оболочковые формы составлял на начало 60-х годов 200 000 *t*, или 1,8% общего выпуска чугунных отливок; в перспективе его намечается довести примерно до

1 млн  $t$ ; в Японии выпуск находится на уровне 75 000  $t$ , в Англии 70 000  $t$ , в ФРГ и Канаде по 18 000  $t$ .

О сравнительной эффективности намечаемой специализации можно судить по следующим данным. Проектом одного из крупных комбайновых заводов в цехе литья в оболочковые формы мощностью 36 000  $t/год$  предусматривается выпуск на одного рабочего 112  $t$  отливок в год, в то время как в неспециализированных цехах, с выпуском примерно 500  $t/год$ , выпуск на одного рабочего не превышает 15—20  $t/год$ .

Дальнейшая специализация производства литья специальными способами должна привести к созданию внутривидовой специализации (например, производство коленчатых валов автомобильных и других двигателей). Детальная специализация наиболее эффективна. Например, съем (проектный) с формовочно-заливочной площади цеха литья в оболочковые формы, специализированного на изготовлении корпусов патронов токарных станков, несмотря на сравнительно небольшой объем производства (4000  $t/год$ ) достигает 17,4  $t/m^2$ . Возможность достижения таким путем высоких технико-экономических показателей подтверждает опыт Горьковского автозавода.

**Литье по выплавляемым моделям** нашло применение в ряде отраслей промышленности преимущественно для получения стальных отливок. Достижимые при этом способе высокая точность размеров и чистота поверхности отливок, а также возможность получения изделий весьма сложной конфигурации позволяют в среднем заменить 2  $t$  металлопроката 1  $t$  литья по выплавляемым моделям и сэкономить при этом до 1000 станко-часов на механической обработке.

В настоящее время введены в эксплуатацию крупные цехи литья по выплавляемым моделям для изготовления стальных отливок, например, на Горьковском автомобильном заводе цех мощностью 5000  $t/год$ ; на московском автомобильном заводе им. И. А. Лихачева на 4000  $t/год$  и на ряде других предприятий. В течение ряда лет работают цехи мощностью 1000  $t/год$  на Подольском механическом заводе им. М. П. Калинина, на Ногинском заводе топливной аппаратуры — мощностью 1000  $t$  и на многих других предприятиях с выпуском литья до 1000  $t/год$  и выше. Степень концентрации в этих цехах однородных технологических процессов позволяет считать их специализированными.

До последнего времени средний выпуск отливок, осуществляемый способом литья по выплавляемым моделям, на одном предприятии не на много превышает 100  $t/год$ . Это объясняется тем, что большая часть действующих производств носит характер участков с малым объемом производства. Достаточно сказать, что в таком крупном районе, как Ленинградский, более половины заводов, на которых производятся отливки этим способом, имели еще недавно выпуск порядка 10  $t/год$ .

Анализ работы действующих участков литья по выплавляемым моделям показал, что при выпуске литья 50—100 *m/год* съём с 1 *m*<sup>2</sup> общей площади находится в пределах 0,2—0,3 *m*, а выпуск на одного рабочего всего лишь 3—4 *m/год*, что в 3—5 раз меньше показателей, достигнутых на специализированных предприятиях.

Влияние объема выпуска отливок способом литья по выплавляемым моделям на его трудоемкость можно показать на следующем примере. При изготовлении отливки со средним весом 200 *г* на участке с годовым выпуском 25 *m* трудоемкость, приходящаяся на 1 *кг* отливок, составляет 103 нормоминуты, при повышении выпуска до 60 *m/год* 68,4 нормоминуты и при выпуске 180—200 *m/год* 45 нормоминуты.

Способом литья по выплавляемым моделям было изготовлено в 1958 г. 20 000 *m* отливок (в основном стальных), что составило 0,65% общего выпуска стальных заготовок; в 1963 г. 42 400 *m*, или 1,15%, и в 1965 г. 60 000 *m* или 1,46%. Указанный выпуск сохранился и в 1966, 1967 гг. Как показывает расчет, выполненный с учетом необходимости форсирования темпов применения этого прогрессивного способа литья, в 1970 г. можно ожидать увеличения объема производства до 2—2,5% к общему выпуску стального литья (см. табл. 20).

Прирост выпуска отливок указанным способом литья будет обеспечен в дальнейшем действующими цехами. Намечаемая их специализация повлияет на снижение себестоимости 1 *m* годных отливок и на резкое увеличение производительности труда. Одновременно будут построены и введены в эксплуатацию новые специализированные литейные цехи автотракторных деталей, частей приборов и инструментов, деталей текстильных машин, оборудования для легкой и пищевой промышленности и др. Средняя мощность новых цехов составит около 2000—3000 *m/год*.

Проектные расчеты и данные эксплуатации показывают, что рациональным пределом мощности цеха литья по выплавляемым моделям являются уже цехи с выпуском 2000 *m/год* (см. гл. IV и V).

Средняя мощность специализированного цеха литья по выплавляемым моделям в нашей стране составит после проведения основных мероприятий по специализации примерно 1400 *m/год*.

В США выпуск отливок данным способом в начале 60-х годов составил около 50 000 *m*, т. е. по отношению к общему выпуску стальных отливок около 4%; число цехов литья по выплавляемым моделям составляло в США 194; средняя мощность цеха оказалась равной 330 *m/год*. Вновь организуемые цехи в США рассчитаны на значительно больший выпуск. Так, например, цех завода Миско Прессижен Кастинг имеет площадь 7000 *m*<sup>2</sup> и рассчитан на мощность 3000—4000 *m/год*, Мэркаст — 1700 *m*<sup>2</sup> [82].

**Литье в кокиль** в СССР за 1958—1965 гг. увеличилось в объеме в 2 с лишним раза. Этим способом получают в настоящее время 41% всех отливок из цветных сплавов, в т. ч. 51% из легких и 32%



из тяжелых цветных сплавов. Способом литья в кокиль изготовлено в 1967 г. 1 172 000 *t* чугунных отливок, что составляет 8,2% общего количества чугунного литья и 249 000 *t*, или 6% стального.

В ГДР, где развитию кокильного литья уделяется большое внимание, в 1962 г. по сравнению с 1961 г. изготовление стальных отливок способом литья в металлические формы увеличилось на 30% [200].

**Центробежное литье** применяется в машиностроении преимущественно для изготовления гильз автотракторных двигателей, маслост поршневых колец и других отливок соответствующей конфигурации.

Основной объем центробежного литья приходится на долю труб, относящихся по признакам специализации ко второй группе (см. табл. 18). В табл. 20 приведено развитие обоих процессов с учетом общности технологического признака литья в кокиль и центробежного (металлические формы).

**Литье под давлением** получает в настоящее время большое развитие, так как при этом способе отливки наиболее приближаются по своим форме и размерам к виду окончательных изделий. В 1958 г. литьем под давлением было изготовлено в СССР 30 000 *t*, в 1963 г. 105 000 *t*, в 1967 г. 147 000 *t* и продолжается наращивание выпуска. То же явление наблюдается и в зарубежных промышленно развитых странах. Например, за 1950—1960 гг. в США объем производства отливок под давлением вырос более чем вдвое; в Англии доля отливок, полученных этим способом, в общем количестве отливок из алюминиевых сплавов увеличилась в 5 раз; в ФРГ при общем приросте в последние годы производства отливок из цветных сплавов на 75% количество отливок, полученных литьем под давлением, увеличилось на 160% [217, 226, 251].

Выпуск отливок литьем под давлением из разных цветных сплавов в развитых капиталистических странах, характерный для уровня последних лет, приведен в табл. 19. Свыше 60% всего литья, полученного этим способом, потребляется в США автомобилестроением.

Средняя концентрация производства литья под давлением на одно предприятие составила в нашей стране в 1958 г. около 170 *t*. Оптимальный эффективный масштаб специализированного цеха литья под давлением начинается по проектным расчетам с 2000 *t* в год.

Намечено строительство нескольких крупных специализированных заводов по изготовлению отливок из цветных сплавов (преимущественно для деталей двигателей автомобилей) мощностью каждый 30 000—50 000 *t/год*, в общем объеме производства которых литье под давлением будет составлять 60—70%. Введены в эксплуатацию крупнейшие производства литья под давлением и в кокиль из цветных сплавов на Заволжском моторном заводе

**Уровень выпуска отливок из цветных сплавов  
способом литья под давлением в капиталистических странах в т/год**

Страны	Сплавы			
	цинковые	алюминиевые	магниевые	на медной основе
США . . . . .	304 500	221 800	4 500	6 500
Англия . . . . .	58 450	25 420	30	—
Франция . . . . .	22 000	17 000	—	1 200
ФРГ . . . . .	37 500	33 330	28 430	5 020
Италия . . . . .	17 500	25 000	—	—
Япония . . . . .	33 200	—	—	—

и филиале московского автомобильного завода им. И. А. Лихачева в Миценске. Выпуск отливок новыми цехами составит около половины общего объема производства. Организация специализированного изготовления другой половины требуемых отливок будет осуществлена на действующих предприятиях путем объединения мелких участков и оснащения их передовой техникой.

Об эффективности укрупнения и специализации производства отливок способом литья под давлением можно судить по следующему примеру. На предприятиях Москвы до проведения мероприятий по специализации выпуск отливок с одной машины для литья под давлением в пересчете на алюминий составлял в среднем около 40 т/год. После осуществления специализации число производственных точек сократилось более чем вдвое, а средний выпуск отливок на одну машину достиг примерно 60 т/год.

Проектируемое развитие литья под давлением обуславливается также повышением удельного веса отливок из легких цветных сплавов в общем выпуске отливок. Последнее связано с интенсивным внедрением легких сплавов в конструкции автомобилей, мотоциклов, приборов и т. п., а также с преимуществами процесса литья под давлением, позволяющего получать с одной операции такие детали, как алюминиевый блок цилиндров автомобиля весом 35 кг со 130 отверстиями.

Машины для литья под давлением блоков цилиндров автомобильных двигателей установлены в специализированном литейном цехе одного из советских заводов, выпускающих двигатели. Цех, оснащенный шестью такими машинами, рассчитан на выпуск в год 400 тыс. блоков цилиндров и головок двигателя автомобиля; занимаемая площадь 500 м<sup>2</sup> при 30 обслуживаемых рабочих (при литье в песчаные формы для изготовления того же количества отливок потребовалось бы 150 формовщиков и свыше 3000 м<sup>2</sup> только формовочно-заливочной площади). Кроме того, при изготовлении отливок с помощью машин для литья под давлением во много раз сокращается трудоемкость механической обработки.

В специализированных цехах изготавливается 70—75% отливок из алюминиевых и 60—65% из цинковых сплавов [216]. Число цехов и участков литья под давлением в США на 1961 г. составило 1075 [246], а общее число установленных в США машин для литья под давлением 11 430 шт. Таким образом, на одну машину в США приходилось около 50 *t* отливок в год. О распределении в США мощности цехов литья под давлением между самостоятельными специализированными предприятиями и цехами, входящими в состав комплексных машино- и приборостроительных заводов, можно судить по следующим данным: среднее число машин в первых составляет 8,9, а во вторых 6,3.

Большую часть отливок из цинковых и алюминиевых сплавов способом литья под давлением производят обособленные предприятия, не входящие в состав комплексных заводов, а работающие на стороннего заказчика. Однако заметна тенденция и к созданию небольших литейных участков в системе заводов, если их удастся располагать в единых потоках изготовления массовых изделий.

Примером современных цехов литья под давлением в США могут служить цехи специализированных литейных заводов Шульц Дай Кэстинг мощностью 13 000 *t* цинкового литья, Доллер Жэрвис — 6000 *t* алюминиевого литья, Монт Вернон — 1600 *t* алюминиевого и 300 *t* цинкового литья в год и др.

В табл. 20 приведены ориентировочные прямые и скорректированные расчеты развития выпуска стливок специальными способами на 1970 г. Расчеты выполнены на основе экстраполяции удельных значений количества отливок прямым счетом, а также прогрессивных коэффициентов развития специальных способов литья, учитывающих преимущественное увеличение этих способов литья по сравнению с общим ростом выпуска заготовок. Естественно, что при составлении перспективных, а тем более годовых народнохозяйственных планов полученные значения могут видоизменяться. Очевидно, видоизменение должно происходить в большую сторону, если учесть, что в нашей стране в ближайшие годы получат большое развитие автомобилестроение, приборостроение, производство оборудования для легкой и пищевой промышленности и другие отрасли промышленности, в которых эти способы находят наибольшее применение.

Определение целесообразного на 1970 г. уровня специализации изготовления отливок специальными способами, основанное на ранее проделанном анализе состояния специализации производства по каждому способу литья в 1958 г. и фактического роста выпуска на 1963 г., см. табл. 21. При этом принято допущение, что в 1958—1963 гг. уровень специализации сохраняется неизменным, а с 1963 по 1970 г. увеличение выпуска отливок специальными способами осуществляется исключительно за счет развития специализированных предприятий.

Таким образом, целесообразный уровень специализации производства составляет согласно расчету по принятой методике для литья по выплавляемым моделям и под давлением около 80% и по литью в оболочковые формы 65%.

Таблица 20

Выпуск отливок специальными способами литья в 1958, 1962 и в 1970 гг. (прогноз) [130]

Способ литья	Выпуск				Рост выпуска в 1963 г в % к 1958 г	Расчетные коэффициенты на 1970 г	
	1958 г		1962 г			Соотношения в %	
	в тыс т	в %	в тыс т	в %		прямые	корректированные
По выплавляемым моделям	20	0,05 *	42,4	1,15	210	1,6	2,4
В оболочковые формы (включая стержни)	50	0,5 **	84	0,65	168	1,1	1,3
В кокиль и центробежное (включая трубы)	1026	10,2 ***	2212	16,4	215	16	20
Под давлением	30	8,8 ****	105	20	350	32	40
<b>Итого</b>	<b>1126</b>	<b>8,5 ****</b>	<b>2443,4</b>	<b>14,2</b>	<b>217</b>	<b>—</b>	<b>19,3 ****</b>

\* От выпуска стального литья  
 \*\* От выпуска чугунного литья  
 \*\*\* От выпуска чугунного и цветного литья  
 \*\*\*\* От выпуска цветного литья  
 \*\*\*\*\* От выпуска всего литья

Таблица 21

Расчетные уровни специализации производства отливок специальными способами литья

Способ литья	1958 г		1963 г		1970 г	
	Выпуск в тыс т	Уровень специализации в %	Выпуск в тыс т	Уровень специализации в %	Выпуск в тыс т	Уровень специализации в %
По выплавляемым моделям	10	50	21	50	99	82
В оболочковые формы	5	10	8,4	10	165	65
Литье под давлением	9	30	32	30	327	82

### 3. РАЗВИТИЕ И ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ СПЕЦИАЛИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА ОТЛИВОК СПЕЦИАЛЬНЫХ ВИДОВ

Специализация производства отливок специальных видов с массовым характером выпуска, например труб, фитингов, радиаторов, ванн и др., осуществляется в направлении: способ изготовления — объект производства. Такая специализация уже имеет место на ряде заводов. Так, специализировано литье радиаторов в песчаные формы на ряде заводов мощностью 1—3 млн. *эжм/год*, литье ванн в песчаные формы на ряде заводов мощностью 100 000—150 000 ванн в год, а также центробежное литье труб. В этом же направлении специализируется изготовление изложниц, например, на Криворожском металлургическом заводе.

Развитие производства этой группы отливок вызвано двумя факторами: увеличением выпуска стали и резким ростом объема строительства.

Так, количество изложниц, отлитых в нашей стране в 1963 г., при объеме выпуска стали 71 млн. *т* составило 1,6 млн. *т*. В США в 1962 г. при объеме производства стали 91 млн. *т* отлито 2,1 млн. *т* изложниц. На 1970 г. у нас запланирован выпуск 124—129 млн. *т* стали; так как 30% всей стали будет выпускаться к тому времени непрерывным способом, потребуется всего лишь 2 млн. *т* изложниц.

В 1963 г. было отлито 820 000 *т* водопроводных труб; на 1970 г. намечен выпуск примерно 1,5 млн. *т*. Производство труб растет в большей прогрессии, чем общий выпуск отливок; это характерно и для США, где изготовление подобных отливок увеличивается несколько больше, чем отливок для машиностроения.

В СССР выпуск отливок этой группы составляет около 22% общего выпуска чугунных отливок и по планам на 1970 г. достигает 25%.

В США выпуск отливок этой группы, включая фитинги, составляет 33% общего выпуска чугунных отливок.

Технологическая структура производства труб, существующая и намечаемая, а также предполагаемый рост производства других специальных видов отливок представлены в табл. 22.

К началу текущего пятилетия 30% всего выпуска литых водопроводных труб изготовлялось центробежным способом, 5% — способом непрерывного литья и 65% — на карусельных установках. К 1970 г. эта структура резко изменится в сторону большей доли прогрессивных процессов; прекратится изготовление труб на карусельных установках, 20% будет изготовляться непрерывным способом и 80% — центробежным.

Уровень специализации производства рассматриваемой группы отливок, если принять, что к 1970 г. специализированные предприятия

## Анализ выпуска и структуры производства специальных видов отливок

Виды отливок	СССР		США
	1963 г. (фактически)	1970 г. (ориентировочно)	1962 г.
Изложницы в млн. <i>m</i> . . . . .	1,6	2,0	2,1
Водопроводные трубы в тыс. <i>m</i> . . . . .	820	1500	2020
В том числе полученные:			
центробежным способом . . . . .	250	1200	—
непрерывным способом . . . . .	40	300	—
на карусельных машинах . . . . .	530	—	—
Канализационные трубы в тыс. <i>m</i>	150	300	—
Итого труб в тыс. <i>m</i> . . . . .	970	1800 *	—
Санитарно-технические отливки в тыс. <i>m</i> . . . . .	300	700	—
Всего отливок в млн. <i>m</i> . . . . .	~2,9	4,5	4,1
В % к общему выпуску чугунных отливок . . . . .	22,5	25,0	33,0

\* Выпуск труб и фитингов (вместе с Англией и странами Общего рынка) 3,9 млн. *m*.

тия должны изготавливать 100% труб и 80% изложниц (против 50% в настоящее время), составит в сумме около 90%.

Анализ отличительных черт производства специальных видов отливок подтверждает особую эффективность детальной специализации. Об этом можно судить по следующему примеру. Литейный цех московского завода чугунных отопительных радиаторов им. Войкова выпускает примерно на 25% отливок в год меньше, чем литейный цех серого чугуна московского автомобильного завода им. И. А. Лихачева. Уровень механизации на ЗИЛе выше, чем на заводе им. Войкова. Между тем годовой съем годных отливок с 1 м<sup>2</sup> общей и производственной площади в литейном цехе радиаторов завода им. Войкова превышает в 3 раза таковой на ЗИЛе, а себестоимость 1 *m* отливок на 20—25% ниже. Такое сопоставление, несмотря на различие в весе выпускаемых отливок и на разный характер выпускаемой продукции (хотя и то и другое литье тонкостенное, стержневое), лишающий показатели абсолютной сравнимости, подчеркивает тем не менее эффективность данного направления специализации.

Концентрация производства отливок специальными способами литья особенно эффективна вследствие ограниченности номенклатуры подобных отливок. Это видно из следующего примера. На одном из заводов местной промышленности с объемом выпуска

4500 *t* отливок в год, изготовляющем отопительные радиаторы, себестоимость 1 *t* последних превышает более чем в 3 раза себестоимость радиаторов, выпускаемых заводом им. Войкова. Это объясняется низким уровнем организации труда, присущим заводам подобного производства с таким масштабом производства.

По проектным расчетам и эксплуатационным данным наименьший целесообразный масштаб предприятий по изготовлению радиаторов составляет примерно 50 000 *t*, что соответствует производительности одного комплексно механизированного и автоматизированного конвейерного потока (см. гл. IV и V).

Большая эффективность концентрации производства при детальной специализации делает экономически целесообразной организацию самостоятельных специализированных заводов литых изделий с массовым характером производства, объемом выпуска, могущим обеспечить нужды близлежащих районов.

Специализация рассматриваемого направления создает условия для комплексной автоматизации выполняемых процессов, учитывая их стабильность.

Развитие производства отливок специальных видов осуществляется в основном за счет увеличения объема выпуска на действующих предприятиях. В результате запроектированной специализации действующих цехов объем их выпуска увеличивается по сравнению с данными на начальный период специализации (1958 г.) более чем вдвое; средняя себестоимость 1 *t* отливок снижается в целом по стране почти на 15%, а производительность труда увеличивается почти на 40%.

Одновременно осуществляются строительство и ввод в эксплуатацию ряда крупных специализированных предприятий, например по производству отопительных радиаторов и котлов в Нижнем Тагиле (мощность 140 000 *t/год*), по производству изложниц на Магнитогорском металлургическом комбинате (мощность 400 000 *t/год*) и др.

#### **4. РАЗВИТИЕ И ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ СПЕЦИАЛИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ ОТЛИВОК**

**Отливки массового и крупносерийного машиностроения.** Отливки для изделий машиностроительных заводов с массовым и крупносерийным характером производства отличаются ограниченной номенклатурой (обычно десятки наименований) при большом размере партий, достигающем десятков и сотен тысяч комплектов. Распространенной формой специализации изготовления этой группы отливок являются специализированные групповые предметные потоки, рассчитанные в основном на выпуск отливок, однородных по габаритам, развесу, по общности технологического процесса и сплавов (коробки передач, картеры сцепления, всасывающие и выхлопные трубы и т. д.).

Наиболее рациональное решение указанных потоков — автоматические линии. Такие линии [типа осуществленных линий НИИТАвтомпрома, НИИТракторосельхозмаша и др., зарубежных — Осборн, Вестингауз (США), Колман Уолверк (Англия) и др.] оказываются рациональными при объеме выпуска (например, отливок для деталей автомобильных двигателей) 20 000—30 000 *т/год*. Учитывая номенклатуру отливок, специализированный цех подобного рода должен иметь 3—5 потоков и объем годового производства порядка 100 000 *т* и выше. Таков объем выпуска в литейных цехах автомобильных заводов (московском им. И. А. Лихачева, Горьковском и др.) и тракторных (Харьковском, Челябинском, Волгоградском и др.). Соответственным объемом производства данный профиль специализации отражен и в ряде типовых мощностей литейных цехов (см. гл. IV).

Машиностроительные заводы с массовым и крупносерийным характером производства являются, как правило, предприятиями очень крупными, поэтому в ряде случаев целесообразна организация на них собственных заготовительных цехов, так как возможный масштаб последних обеспечивает достаточную эффективность специализированного изготовления отливок. В то же время при организации снабжения отливками куста заводов (например, автомобильных, тракторных) и особенно при большом количестве отливок для запасных частей более рационально создание централизованных литейных заводов типа вводимого в эксплуатацию Саранского литейного завода и проектируемых в настоящее время ряда специальных литейных заводов. Это подтверждается практикой отечественной и зарубежной автотракторной промышленности (см. гл. VII).

Всего в крупных механизированных литейных цехах изготовлялось к 1965 г. около 4 млн. *т* отливок для деталей крупносерийных и массовых машин; к 1970 г. эта цифра приблизится к 7 млн. *т*.

Производство отливок рассматриваемой группы является уже в настоящее время наиболее сконцентрированным и технически оснащенным. Поэтому намечаемая дальнейшая специализация литейных цехов автомобильных, тракторных, вагоностроительных и других заводов дает относительно меньшее возрастание эффективности, чем, например, специализация литейных цехов с серийным и мелкосерийным характером производства, где поточные методы производства пока еще только внедряются. Последующая эффективность будет значительно более ощутимой.

Совершенствование специализации производства отливок для изделий крупносерийного и массового машиностроения должно предусматривать дальнейшее сокращение номенклатуры отливок на каждом специализированном потоке и замену групповых предметных потоков (линий, цехов) единичными.

Заданный рост отраслей массового и крупносерийного машиностроения (автомобильного, тракторного, сельскохозяйственного)



в некоторой мере обеспечивается отливками путем расширения и реконструкции действующих цехов. Наряду с этим расчеты показывают необходимость строительства новых крупных хорошо оснащенных литейных заводов.

**Отливки для мелкосерийного и единичного машиностроения.** Обеспечение отливками широкого круга машиностроительных предприятий, выпускающих металлообрабатывающие станки, кобучные и литейные машины, компрессоры, насосы и другое оборудование, рационально осуществлять преимущественно на литейных заводах с последующей их поставкой по кооперации.

Отличительной особенностью данной группы отливок является огромная номенклатура, широкий диапазон сплавов, весов, размеров, применение внутри основного технологического процесса литья в песчаные формы других способов изготовления форм и стержней и разных формовочных материалов.

Специализация предприятий с мелкосерийным характером производства является принципиально новой, имеющей весьма ограниченное число примеров. Вместе с тем практика таких заводов, как московский чугунолитейный Станколит, где ежегодно номенклатура отливок достигает 12 000 наименований, и некоторых других, вполне подтверждает эффективность подобной специализации<sup>1</sup> [29, 75, 110].

Использование технологических и проектных решений, позволяющих организовать поточное изготовление отливок при мелкосерийном характере производства, обеспечивает высокую эффективность специализированного производства отливок, выпускаемых мелкими партиями.

Отличительным признаком специализации мелкосерийного литейного производства является создание производственных потоков не предметных, а чисто технологических для групп отливок (мелких, средних, крупных), объединенных по признаку общности параметров технологических процессов.

Как показало исследование, образующаяся при таком подходе «серийность производства», характеризующаяся повторяемостью процессов и их устойчивостью, может практически не зависеть от «серийности выпуска», обусловливаемой номенклатурой отливок [33, 128]. Так, например, в основу построения каждого группового потока формовки закладываются технологические ряды отливок, дифференцированных исключительно по признаку размерности литейных форм. При этом чем меньше ступеней в каждом ряду и чем большая номенклатура отливок приходится на одну

<sup>1</sup> Это не означает, что большая номенклатура является положительным фактором. Однако в течение еще значительного времени, наряду с нормализацией и унификацией машин и заготовок, такие номенклатуры будут иметь место и наличие их не должно являться препятствием к эффективной организации поточного производства.

ступень, являющуюся элементом локализованной специализации, тем ряд прогрессивнее [113].

Сочетание принципов технологических рядов с унификацией технологической оснастки, применением быстросменных модельных комплектов, координатных плит и технологическими решениями, сокращающими цикл производства, обеспечивает эффективность единичного и мелкосерийного поточного производства отливок. Это подтверждается опытом ряда советских заводов, где номенклатура отливок, изготавливаемых с помощью формовочных машин, работающих в потоке, достигает 100 наименований на машину в месяц. Таковы же результаты практики за рубежом, где в последнее время распространению производительных поточных способов при мелкосерийном производстве отливок обширной номенклатуры уделяется большое внимание и полная целесообразность машинной формовки доказывается даже при 8—10 переснастках машин в смену [240].

Применение принципа так называемой «скользящей оснастки» (см. ниже) вполне оправдало себя на Уральском заводе тяжелого машиностроения. Оно же позволило промышленности Чехословакии (например, в литейном цехе станкостроительного завода в г. Куржим) механизировать процесс формовки даже при использовании в течение смены моделей 30 наименований [40].

Специализация мелкосерийного производства в сочетании с укрупнением объема выпуска позволяет организовать изготовление отливок поточным способом, что делает результаты специализации особенно эффективными. Так, по анализу показателей большого числа заводов снижение себестоимости на действующих предприятиях данного типа, развиваемых на началах специализации, составляет в среднем около 15%, а рост производительности труда достигает 50%. Организуемые при специализации мелкосерийного производства групповые технологические потоки должны обладать для достижения эффективных результатов достаточным масштабом производства. По расчетам выпуск отдельных потоков в зависимости от размеров отливок должен быть не менее 8000—15 000 *т/год*.

Для обеспечения возрастающей потребности в отливках для изделий, выпускаемых машиностроительными заводами, цехи ряда этих заводов расширяются, в них развивается специализация. Однако строить такие цехи вновь рекомендуется преимущественно на литейных заводах (см. гл. VII).

Рассматриваемое направление специализации распространяется также на предприятия, изготавливающие отливки из специальных сплавов — жароокислостойких, жаропрочных и др. Так, производство отливок из марганцовистой стали сосредоточивается на одном специализированном заводе вместо ряда небольших участков на различных заводах, что имеет место в настоящее время.

Специализация и на ее основе комплексная механизация позволяют, как показывает проведенный анализ работы ряда действующих цехов рассматриваемого профиля, резко увеличить объем выпуска отливок по нашей стране в целом. Как будет расти выпуск отливок в результате специализации данной группы литейных цехов, можно видеть на следующем характерном примере. Три московских завода — «Компрессор», «Борец» и насосный им. М. И. Калинина, выпускающие насосы и компрессоры, — имели чугунолитейные цехи, обеспечивающие отливками потребность собственного производства. В соответствии с изложенными выше принципами оказалось целесообразным провести перераспределение производства между заводами изготавливаемой в литейных цехах номенклатуры отливок, концентрировать производство всего объема выпускаемого литья на двух заводах «Компрессор» и «Борец» и освободить насосный завод им. М. И. Калинина от производства чугунного литья.

Проведенные на этих заводах работы по механизации производственных и вспомогательных процессов и распределению номенклатуры литья по весовому признаку позволили заводам «Компрессор» и «Борец» принять на себя дополнительный выпуск отливок порядка 5000 т, ранее выпускавшихся насосным заводом. Эта операция улучшила технико-экономические показатели работы литейных цехов указанных заводов. На площадях же чугунолитейного цеха насосного завода им. М. И. Калинина организовано на современном уровне комплексно механизированное и частично автоматизированное производство стального литья по выплавляемым моделям на выпуск 4000 т/год, оснащенное высокопроизводительным оборудованием.

**Тяжелые уникальные машиностроительные отливки.** Развитие производства единичных уникальных тяжелых отливок предлагается осуществлять в направлении специализации цехов (технологических участков). Основным признаком специализации является в данном случае вес отливок, определяющий мощность грузоподъемных средств. Цехи должны обладать достаточным объемом производства, чтобы обеспечить надежное использование дорогостоящего технологического и транспортного оборудования. Учитывая последнее, особенно существенна специализация литейных цехов Уральского, Ново-Краматорского и Электростальского заводов тяжелого машиностроения, Коломенского завода тяжелого станкостроения, Ленинградского станкостроительного завода им. Свердлова и др. Это тем более необходимо, что в ряде цехов с мощными кранами наряду с тяжелыми отливками изготавливаются средние и даже мелкие. Так как сооружение литейных цехов для изготовления тяжелых уникальных отливок требует весьма больших затрат, целесообразно расположить их в районах с наибольшей потребностью в таких отливках и снабжение последними ряда районов в порядке кооперации. Обеспечение заводов

тяжелого машиностроения, на которых эти цехи находятся, мелкими и средними отливками следует осуществлять по кооперированным поставкам с соответственно специализированных предприятий.

Основной прирост производства отливок этой группы предусматривается путем использования существующих цехов крупных тяжелых отливок по прямому назначению. Наряду со специализацией и улучшением использования действующих литейных цехов тяжелых отливок запроектировано строительство нескольких новых цехов.

Специализация цехов, производящих тяжелые отливки, в тех случаях, когда технология и организация производства подобных отливок не претерпевают при этом коренных изменений, менее эффективна, чем специализация литейных цехов серийного производства.

Для разных групп машиностроительных отливок в зависимости от изменений, вносимых специализацией в технологические процессы и организационные формы, достигается разная степень эффективности. Однако во всех случаях специализации обязательным условием ее эффективности является достаточная концентрация в литейных цехах производства однородных отливок с осуществлением мероприятий по механизации процессов.

## 5. РАЗВИТИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ ЛИТЕЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Техническая политика, проводившаяся в течение ряда лет и направленная на создание комплексных машиностроительных предприятий с собственными заготовительными цехами, привела к значительному распылению литейного производства. Достаточно сказать, например, что в Ленинграде с 1948 до 1958 г. число чугунолитейных цехов и участков выросло с 41 до 81 [50, 91], а в Москве число цехов и участков разного рода литья достигло к тому же времени 157 [55].

В табл. 23 приведены данные, характеризующие структуру чугунолитейного производства в Ленинграде и Москве на начало 60-х годов. Аналогичная картина наблюдалась и в других экономических районах [23, 34, 60].

Всего в 1961 г. в Советском Союзе, по данным переписи ЦСУ, отливки производились в 5862 литейных цехах и участках (число мест производства), из них чугунное литье в 3086 и стальное — в 844 цехах и участках.

По данным за 1964 г. количество цехов и участков составило уже 5583, или количество их сократилось на 279 единиц, в том числе по чугунному литью на 294, по цветному на 51, а по стальному число их выросло на 66 единиц. Последнее имеет, кстати, место и в США, и в обоих случаях происходит в значительной мере за счет организации цехов и участков по производству литья по выплавляемым моделям.

## Структура чугунолитейного производства

Годовой выпуск цеха в т	Ленинград		Москва	
	Число цехов в %	Выпуск отливок в %	Число цехов в %	Выпуск отливок в %
До 100 . . . . .	14	0,4	14	0,1
100—500 . . . . .	27	3,0	23	0,9
500—1000 . . . . .	10	3,6	9	0,7
1000—5000 . . . . .	35	29,5	36	10,7
5000—10 000 . . . . .	9	24,2	9	7,8
Свыше 10 000 . . . . .	5	39,3	9	79,8
Всего . . . . .	100	100	100	100

Развитие специализации способствует концентрации литейного производства. Рост концентрации осуществляется в первую очередь за счет увеличения выпуска существующих литейных цехов и более высокого уровня техники, присущего специализированному производству, что приведет к значительно большему среднему выпуску, приходящемуся на один цех. Уровень концентрации будет меняться и вследствие ввода в эксплуатацию новых специализированных литейных заводов и цехов. В результате этого среднегодовой выпуск, приходящийся на один литейный цех, увеличивается при предусматриваемом росте уровня специализации примерно вдвое по сравнению с данными на начало проведения исследований по специализации (1958 г.), а число литейных цехов и заводов при развитии объема производства отливок и соответственно опережающего роста уровня специализации не только не увеличится, а даже сократится.

Ожидаемая величина динамики концентрации производства чугунных и стальных отливок составляет, согласно расчетам, около 20%. В результате концентрации увеличится объем отливок, производимых в крупных высокомеханизированных цехах, — отливок, имеющих меньшую трудоемкость и себестоимость.

Запроектированное увеличение степени участия крупных цехов в общем выпуске отливок характеризуется данными, приведенными в табл. 24. Из табл. 24 видно, что доля, например, чугунных отливок, выпускаемых цехами мощностью свыше 20 000 т/год, возрастает в 1,5 раза.

Повышению эффективности литейного производства будет способствовать и прекращение в результате специализации и концентрации производства изготовления отливок в ряде литейных цехов и участков малой мощности с присущим им ручным трудом. Всего намечено закрыть в результате проведенного исследования (что уже частично выполнено) около 800 литейных цехов и участков, в том числе свыше 500 чугунолитейных, 100 сталелитейных

**Рост доли выпуска отливок в мощных литейных цехах  
и заводах в % к общему производству**

Литейные цехи с годовым выпуском отливок в тыс. т	Чугунные отливки		Стальные отливки	
	до специа- лизации <sup>1</sup>	после спе- циализации	до специа- лизации <sup>1</sup>	после спе- циализации
До 1 . . . . .	7,1	2,3	3,5	2,3
1—5 . . . . .	16,5	9,3	18,4	9,2
5—10 . . . . .	13,65	10,6	15,3	10,8
10—20 . . . . .	18,45	17,9	13,4	19,6
20—50 . . . . .	18,7	29,6	9,2	14,6
Свыше 50 . . . . .	25,6	37,3	40,3	43,5

<sup>1</sup> Под периодом «до специализации» следует условно понимать время начала проведения исследований по специализации — 1958 г.

и около 200 цветнолитейных. Освобождающаяся при этом площадь превысит 430 000 м<sup>2</sup>. На рис. 1 показано распределение закрываемых литейных цехов по их мощности. Свыше 60% закрываемых

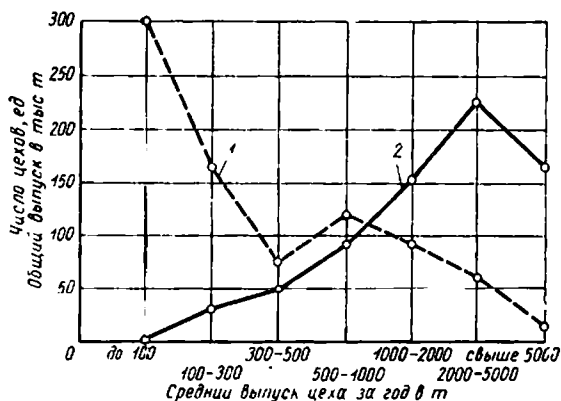


Рис. 1. График, характеризующий структуру закрываемых цехов:

1 — число цехов; 2 — общий выпуск

литейных цехов имеют годовой выпуск до 500 т, т. е. являются по существу мастерскими. Несколько сравнительно крупных цехов закрываются из-за обветшалости или расположения их в зеленых городских массивах. Осуществление этого мероприятия позволило б. Московскому городскому совнархозу за 1958—1961 гг. при общем росте выпуска отливок ликвидировать мелкие литейные цехи и участки на 56 предприятиях, освободив более 10 000 м<sup>2</sup> производственной площади [55].

**Изменение себестоимости отливок  
в зависимости от масштаба выпуска литейных цехов**

Годовой выпуск цехов в <i>m</i>	Чугунные отливки		Стальные отливки	
	Число обследован- ных цехов	Средневзве- шенная се- бестоимость 1 <i>m</i> в руб.	Число обследован- ных цехов	Средневзве- шенная се- бестоимость 1 <i>m</i> в руб.
До 100 . . . . .	71	207	98	302
100—500 . . . . .	303	184	79	232
500—1000 . . . . .	240	163	48	257
1 000—10 000 . . . . .	118	165	165	235
10 000—25 000 . . . . .	69	149	23	224
25 000—50 000 . . . . .	21	136	6	194
Свыше 50 000 . . . . .	15	107	10	234

При решении вопроса о закрытии цехов необходимо предусматривать возможность обеспечения предприятий отливками ближайшего цеха или завода с аналогичным характером производства. Те мелкие литейные цехи, которые по ряду причин подлежат временному сохранению, целесообразно специализировать на выпуск отливок унифицированной номенклатуры (например, запасных частей текстильных машин и т. п.), что позволит снизить трудоемкость изготовления форм, стержней и очистки отливок.

Укрупнение литейных цехов на базе специализации значительно повысит технико-экономические показатели советского литейного производства. При обследовании ЦСУ СССР 1497 чугунолитейных и 429 фасонносталелитейных цехов были получены следующие данные (табл. 25) [92].

Ниже приведены данные (Ленинградского экономического района), характеризующие зависимость производительности труда в действующих чугунолитейных цехах от их масштаба:

Годовой выпуск отливок це- хами в <i>m</i> . . . . .	До 600	600—1500	1500—10 000	Свыше 10 000
Годовой выпуск отливок на одного рабочего в <i>m</i> . . .	13	20	30—35	40—45

Аналогичная картина имеет место и в литейном производстве ЧССР. Если расклассифицировать по данным 1965 г. чугунолитейные цехи по их выпуску в *m/год* *Q* на 100—500, 500—1000, 1000—2000, 2000—5000, 5000—10 000, 10 000—15 000, 15 000—20 000, то средний выпуск на одного рабочего в *m/год* *P* будет соответственно 15,3; 22,3; 24,0; 26,3; 29,8; 31,2; 32,2. Математически эта зависимость выразится в общем виде следующим эмпирическим уравнением:

$$P = Q^{0,101 + \frac{1,083}{\lg Q}}$$

## Эффективность концентрации литья по выплавляемым моделям

Показатели	Тип производства		
	Мелкосерийное [101]	Крупносерийное [83]	
Годовой выпуск отливок в т	150	500	1100
Средний вес отливок в г	300	34—460	180
Площадь цеха (общая) в м <sup>2</sup>	504	1000	1024
Число рабочих (списочное)	34	92	116
Выпуск отливок на одного списочного рабочего в т/год	4,5	5,4	9,5
Съем отливок с 1 м <sup>2</sup> общей площади в т/год	0,3	0,5	1,05

Концентрация производства играет большую роль в повышении эффективности изготовления отливок и специальными способами литья, о чем можно судить по данным, приведенным в табл. 26.

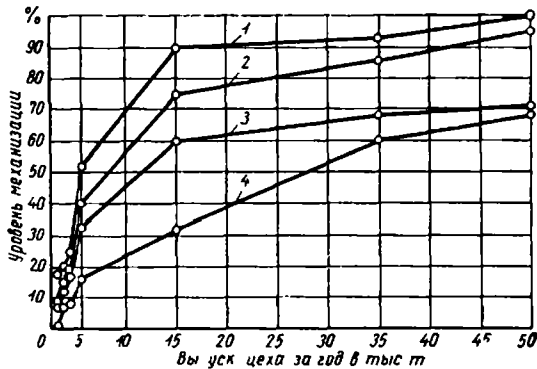


Рис. 2 Диаграмма роста уровня механизации процессов литейного производства в зависимости от масштаба цеха:

- 1 — приготовление формочных и стержневых смесей.
- 2 — выбивка отливок, 3 — формовка, 4 — изготовление стержней

Одним из факторов, обуславливающих улучшение технико-экономических показателей литейных цехов по мере их укрупнения, является повышенный уровень механизации, присущий крупным литейным цехам. На диаграмме, приведенной на рис. 2, показаны кривые, полученные путем обработки статистических данных об уровне механизации производственных процессов в литейных цехах США и Канады в зависимости от их масштаба.



Однако одна концентрация производства, без специализации, создающей для нее предпосылки, неспособна в полной мере повысить эффективность производства отливок [156]. Подтверждением этого может служить следующий пример, заимствованный из практики промышленности Казахстана. Литейные цехи Темир-Тауского литейно-механического завода, Ново-Карагандинского машиностроительного и завода тяжелого машиностроения в Алматы имеют соответственно годовые выпуски чугуновых отливок 1300, 3100 и 5000 т. Коэффициенты специализации (предметной) этих цехов имеют соответственно величины 0,74; 0,5 и 0,38. И в результате себестоимость 1 т чугуновых отливок составляет 121, 162 и 200 руб. [80].

Тенденция к концентрации литейного производства характерна и для передовых капиталистических стран.

В США наиболее быстрыми темпами укрупняется производство отливок из серого чугуна; сокращается число мест производства литья и существенно растет среднецеховой выпуск (табл. 27).

Таблица 27  
Среднегодовой выпуск чугунолитейных цехов США [127]

Год	Отливки из серого чугуна			Отливки из ковкого чугуна		
	Общий выпуск в тыс. т	Число литейных цехов	Выпуск на один цех в среднем в т	Общий выпуск в тыс. т	Число литейных цехов	Выпуск на один цех в среднем в т
1945	9 300	3100	3000	600	140	4300
1947	11 650	3150	3700	800	133	6000
1951	11 000	2659	4100	740	141	5200
1953	12 300	2591	4700	875	121	7300
1955	13 500	2402	5600	1020	115	8800
1957	10 100	2300	4400	690	115	6000
1959	11 100	2135	4900	730	110	6600
1961	9 700	1959	4900	630	105	6000
1962	11 900	1870	5900	840	105	8000
1964	12 800	1835	7000	950	110	9500

Сокращение числа чугунолитейных производств наблюдается в США с начала XX в. В 1900 г. их было около 5000. В период 1945—1955 гг. наблюдался подъем выпуска отливок из чугуна, в 1956—1962 гг. — снижение, а затем возвращение к уровню 1947 г. Между тем, как это видно из табл. 27, число чугунолитейных цехов продолжало снижаться из года в год, а темп этого снижения опережал темп уменьшения выпуска в наиболее неблагоприятный период 1956—1961 гг. Параллельно с закрытием литейных цехов, не выдержавших конкуренции, и по другим причинам открываются новые предприятия. Так, за 1961—1963 гг. в США и Канаде закрылось 535 литейных и открылось 330 новых

цехов. С 1947 по 1964 г. (табл. 27) число литейных цехов серого чугуна в США сократилось на 40%, среднегодовой же выпуск на один цех почти удвоился.

Число литейных цехов ковкого чугуна уменьшилось за это же время на 25%, а среднегодовой выпуск на один цех увеличился на 57%. Таким образом, в производстве отливок из ковкого чугуна наблюдается тот же процесс укрупнения цехов, но в несколько меньшем темпе, чем в производстве отливок из серого чугуна.

Наряду с уменьшением из года в год общего числа чугунолитейных цехов США увеличивается число цехов, производящих отливки из специальных чугунов высокой прочности — магниевого чугуна с шаровидным графитом и перлитного ковкого чугуна. В частности, с 1961 по 1963 г. число предприятий этого профиля увеличилось на 30% (с 257 до 228).

Т а б л и ц а 28

Среднегодовой выпуск фасонносталелитейных цехов США

Год	Общий выпуск стального литья в тыс. т	Число литейных цехов	Выпуск на один цех в среднем в т	Год	Общий выпуск стального литья в тыс. т	Число литейных цехов	Выпуск на один цех в среднем в т
1945	1100	360	3100	1957	1410	420	3400
1947	1445	370	4000	1959	1125	430	2600
1951	1260	377	3350	1961	1070	453	2350
1953	1640	404	4050	1963	1360	471	2750
1955	1385	411	3350	1964	1600	480	3300

В США увеличивается число фасонносталелитейных цехов (табл. 28). Из данных табл. 28 следует, что число фасонносталелитейных цехов систематически росло в период 1945—1964 гг., среднегодовой же выпуск на один цех заметно снижался с 1953 по 1961 г., а затем начал вновь несколько повышаться. Объясняется это тем, что в послевоенный период развилось производство точных стальных отливок в основном по выплавляемым моделям. В течение значительного времени штучный развес таких отливок был невелик (в пределах десятков граммов), а процесс литья по выплавляемым моделям мало механизирован.

Способ литья в многослойные оболочковые формы по выплавляемым моделям позволил значительно увеличить развес производимых отливок, а также дал возможность механизировать и автоматизировать процесс.

По принятой в США методике учитываются отдельно все места производства отливок из тех или иных цветных сплавов, будь то самостоятельные предприятия, цехи в составе заводов, специализированные отделения в цехах и даже небольшие участки, в том

**Число мест производства и среднегодовой выпуск  
отливок из цветных сплавов в США**

Год	Алюминиевые сплавы			Магниеые сплавы			На медной основе			Цинковые сплавы		
	Общий выпуск в тыс. т	Число мест производства	Выпуск на одно место в т	Общий выпуск в тыс. т	Число мест производства	Выпуск на одно место в т	Общий выпуск в тыс. т	Число мест производства	Выпуск на одно место в т	Общий выпуск в тыс. т	Число мест производства	Выпуск на одно место в т
1945	250	2300	108	8	90	90	400	2450	163	200	1000	200
1951	275	2565	108	15	176	85	400	2361	170	225	1100	200
1953	285	2602	110	15	176	85	455	2458	185	235	1200	200
1955	375	3046	124	13	245	57	455	2458	174	350	1400	250
1957	300	2750	110	12	225	61	350	2350	150	270	1350	200
1959	315	2900	110	11	215	52	360	2250	160	265	1300	200
1961	350	3053	115	11	210	55	340	2175	155	270	1311	200
1963	430	3150	135	14	200	70	365	2125	170	315	1300	230
1964	475	3250	145	15	200	75	380	2100	180	375	1325	280

числе вспомогательного характера. Такая методика приводит к тому, что один и тот же литейный цех может повторяться в учете несколько раз, по числу групп цветных сплавов, из которых он производит отливки.

Табл. 29 характеризует динамику изменения числа мест производства отливок из цветных сплавов и среднегодовых выпусков отливок на одно место в период 1945—1964 гг. Из данных табл. 29 можно сделать вывод о некоторой тенденции в последние годы к увеличению среднегодового выпуска на одно место в производстве отливок из алюминиевых и цинковых сплавов и об относительной стабилизации этого показателя в производстве отливок из сплавов на медной основе. Увеличение числа мест производства отливок из алюминиевых, магниевых и цинковых сплавов связано в основном с развитием автомобилестроения [232].

За тот же период примерно на 14% уменьшилось число мест производства отливок из сплавов на медной основе с одновременным увеличением выпуска на одно место примерно на 10%.

Несмотря на отмеченные тенденции к укрупнению, мелкие и средние литейные предприятия все еще численно преобладают в структуре отдельных отраслей литейного производства в США (табл. 30). Конкурентоспособность их связана обычно с исключительно узкой специализацией.

Представляет интерес сравнение данных о составе литейных цехов серого чугуна США по числу работающих в 1961 г. с аналогичными данными за 1954 г. Из общего числа округленно 2500

**Распределение литейных предприятий США по числу работающих**

Число работающих	Серый чугун		Ковкий чугун		Стальное литье		Цветное литье		Все литье	
	Число предприятий	%	Число предприятий	%	Число предприятий	%	Число предприятий	%	Число предприятий	%
Свыше 1000	19	1,00	2	2,35	4	1,17	1	0,30	26	0,50
500—999	31	1,62	10	11,80	25	7,35	15	0,55	81	1,50
250—499	90	4,75	26	30,60	50	14,70	35	1,20	201	3,70
100—249	260	13,60	32	37,60	100	29,40	115	3,85	507	9,40
50—99	390	20,51	13	15,30	60	17,60	225	7,45	688	12,80
20—49	514	27,01	2	2,35	63	17,50	542	17,80	1121	20,80
Меньше 20	600	31,51	—	—	39	11,28	2133	63,85	2772	51,50
Всего	1934	100,0	85	100	341	100,0	3066	100,0	5393	100,0

литейных цехов серого чугуна в 1954 г. 75%, т. е. 1875 литейных цехов, имели штат работающих до 100 чел., тогда как в 2%, или на 50, предприятий работало от 500 чел. и более в каждом. Остальные 23% приходились на долю 580 средних литейных с числом работающих от 100 до 500 чел. Таким образом, с 1954 по 1961 г. (табл. 30) число крупных литейных серого чугуна не изменилось.

Развитие литейного производства в США за последние годы характеризуется строительством новых крупных специализированных литейных предприятий для производства деталей автомобилей — Форд (Кливленд) на 400 000 *т/год*, Шевроле (Тонаванда) на 300 000 *т/год*, для изготовления изложниц — Юнайтед Стил (Брэдок) на 250 000 *т/год* и т. д.

Учитывая все вышесказанное, можно предполагать, что в США примерно до 1970 г. сохранятся темпы изменения числа цехов, наблюдаемые в последние годы по отдельным отраслям литейного производства. В табл. 31 приведена фактическая динамика укрупнения предприятий, производящих отливки из черных и цветных металлов.

Тенденция к концентрации литейного производства наблюдается и в Англии. В 1938 г. там насчитывалось 4724 литейных цеха (без цехов литья под давлением), а в 1956 г. их было уже 4086, или на 13% меньше. Особенно резко (с 2739 до 1969) уменьшилось число чугунолитейных цехов. Спустя всего пять лет число чугунолитейных цехов снизилось до 1400 и составило около 50% против 1938 г.

## Динамика укрупнения литейных цехов и заводов в США [127]

Год	Чугунное и стальное литье					Цветное литье			Все литье			
	Число цехов и заводов по производству отливок				Общий выпуск в тыс. т.	Средний выпуск на один цех в т.	Число цехов и заводов	Общий выпуск в тыс. т.	Средний выпуск на один цех в т.	Число цехов и заводов	Общий выпуск в тыс. т.	Средний выпуск на один цех в т.
	из серого чугуна	из ковкого чугуна	из стали	всего								
1945	3100	140	360	3600	10 900	3000	1750	858	490	5350	11 758	2200
1951	2659	141	377	3177	13 000	4100	2122	955	430	5299	13 925	2600
1953	2591	121	404	3116	13 581	4300	2271	980	430	5387	14 561	2700
1955	2402	115	411	2928	15 905	5400	2722	1193	430	5650	17 098	3000
1957	2300	115	420	2835	12 300	4300	2850	932	320	5685	13 232	2350
1959	2135	110	430	2675	12 955	4800	3095	941	300	5770	13 896	2400
1961	1959	105	453	2517	11 400	4500	3066	971	330	5583	12 871	2400
1963	1870	105	471	2446	13 790	5650	3034	1124	350	5470	14 914	2700
1964	1835	100	480	2415	15 350	6250	3000	1145	380	5415	16 495	2850

Таким образом среднегодовой темп сокращения числа чугунолитейных цехов в Англии составляет примерно 2,2%, что имеет место и в США.

За период 1956—1962 гг. годовой выпуск на один чугунолитейный цех увеличился с 1800 до 2500 т, или на 39%. Эти цифры показывают, что процесс укрупнения чугунолитейных цехов идет в Англии интенсивнее, чем в США. Несмотря на это, в составе английских чугунолитейных цехов продолжают численно преобладать мелкие и средние цехи. К началу 1962 г. из 1400 цехов 75% располагали штатом меньше 75 работающих каждый и из них 42% — меньше 25 работающих. Эти 75% цехов в то же время производят лишь 20% общего выпуска чугунных отливок по весу, и в них занято около 25% всего числа работающих в данной отрасли.

В 1965 г. в США насчитывалось 37 литейных предприятий с числом работающих более 1000 в каждом, а в 1967 г. их было уже 50, т. е. на 35% больше. За это же двухлетие стало больше на 103 литейных предприятия со штатом от 100 до 999 чел. (рост на 12,5%) и на 87 со штатом 50—99 чел. (рост на 12,5%). Между тем число предприятий с 20—49 работающими уменьшилось на 40 единиц, или на 3,5%, и со штатом меньше 20 чел. на 248 единиц, или на 10%.

В США в 1965 г. было 1712 чугунолитейных цехов, а в 1967 г. — всего 1653. Годовой выпуск за последние 15 лет на один чугунолитейный цех в среднем увеличился вдвое. Наряду с этим наблюдается, как указывалось, некоторое увеличение числа литейных

цехов, производящих отливки из чугуна с шаровидным графитом, при одновременном резком увеличении среднегодового выпуска на одно предприятие.

В фасонносталелитейном производстве число литейных цехов растет за счет мелких предприятий точного литья. В 1965 г. их было 476, а в 1967 г. 487.

За 1965—1967 гг. в США сократилось и число мест производства отливок из алюминиевых сплавов — с 2867 до 2777, или на 3,1%, среднегодовой выпуск на одно место увеличился с 220 до 250 *т*, или на 14%. Аналогично положение с производством отливок из цинковых сплавов, где за 1965—1967 гг. число мест сократилось с 892 до 827, или на 7%, а выпуск на одно место в среднем увеличился с 590 до 700 *т/год*, или на 16%. В меднолитейном производстве за то же время число мест производства уменьшилось с 1966 до 1857, или на 10,5%, годовой же выпуск в среднем на одно место увеличился с 205 до 235 *т/год*, или на 15% [127].

В Канаде, как и в других промышленных странах, преобладают цехи, производящие отливки в сырых формах. В 1967 г. таких цехов в Канаде насчитывалось 357, или 80% общего числа. Число цехов и участков литья под давлением в этой стране с 1963 по 1967 г. уменьшилось с 65 до 57. В 1963 г. в Канаде было 55 цехов и участков литья в кокиль, а в 1967 г. это число увеличилось до 69.

За это же время число мест производства отливок по выплавляемым моделям увеличилось всего с 11 до 12. Число цехов литья в оболочковые формы в 1963 г. было 40, в 1965 г. поднялось до 46, но в 1967 г. уменьшилось до 39. Между тем сильно выросло число литейных, применяющих оболочковые стержни, а именно с 96 в 1963 г. до 130 в 1967 г. Формы по  $\text{CO}_2$ -процессу изготавливали в 1963 г. в 65 канадских цехах, в 1965 г. — в 76, а в 1967 г. — в 83. Стержни по  $\text{CO}_2$ -процессу производили в 127 литейных в 1963 г., в 133 в 1965 г. и в 155 в 1970 г.

Процесс укрупнения литейных предприятий в Англии идет непрерывно. В 1954 г. насчитывалось 1700 чугунолитейных цехов со средним выпуском на один цех 2470 *т*. Через 10 лет в 1964 г. число цехов уменьшилось до 1337 при том же выпуске чугунолитейного литья, т. е. выпуск на один цех составил уже 3160 *т*.

По сравнению с довоенным временем относительно стабильным остается в Англии число литейных цехов ковкого чугуна, которых в 1963 г. насчитывалось 125, и фасонносталелитейных 130.

Процесс укрупнения и одновременно сокращения числа чугунолитейных цехов при небольшом увеличении числа фасонносталелитейных наблюдается и в литейной промышленности ФРГ. Здесь в 1953 г. насчитывалось 986 литейных цехов серого чугуна, 104 литейных цеха ковкого чугуна и 79 фасонносталелитейных цехов. По статистическим данным к началу 1961 г. общее число чугуно- и сталелитейных цехов в ФРГ снизилось до 1105. Общее же

число предприятий, производящих чугунные или стальные отливки, составляло 990. Эти предприятия делятся на три группы: А — чисто литейные предприятия; В — литейные цехи, входящие составной частью в машиностроительные заводы; С — литейные цехи, вспомогательные на металлургических и металлообрабатывающих заводах.

В табл. 32 приводятся данные, характеризующие удельный вес каждой из трех групп в производстве отливок из черных сплавов.

В табл. 33 показано распределение чугуно- и сталелитейных предприятий ФРГ по годовому выпуску.

По данным табл. 32 можно установить, что средний годовой выпуск чугунных и стальных отливок на одно предприятие в ФРГ к началу 1961 г. составлял около 4300 т, приближаясь к аналогичному показателю в США (4500 т, табл. 31), и значительно

Таблица 32  
Структура литейной промышленности ФРГ

Группа	Предприятия		Годовой выпуск чугуновых и стальных отливок		Штат работающих	
	Число	%	тыс т	%	тыс чел	%
А	470	47,5	1550	36,4	78	42,4
В	170	12,2	1500	35,3	56	30,4
С	350	35,3	1203	28,3	50	27,2
Всего	990	100,0	4253	100,0	184	100,0

Таблица 33  
Распределение чугуно- и сталелитейных цехов и заводов ФРГ по группам

Годовой выпуск отливок	Общее число предприятий	В том числе по группам			По группам В и С вместе	
		А	В	С	Число предприятий	%
До 600	302	155	43	104	147	48,7
601—1200	167	72	25	70	95	56,9
1 201—6 000	374	182	69	123	192	51,3
6 001—12 000	80	36	11	33	44	55,0
12 001—25 000	39	19	9	11	20	51,3
25 001 и более	28	6	13	9	22	78,5
Итого	990	470	170	350	520	52,5

превышал таковой в Англии (2400 *m*). Из этой же таблицы видно, что среднегодовой выпуск отливок по группе А составляет 3300 *m*, по группе В 9000 *m* и по группе С 3400 *m*.

Из табл. 33 следует, что 469 чугуно- и сталелитейных производств ФРГ, т. е. около 48% их общего числа, относились в это время к мелким, выпускающим в год до 1200 *m* литья, 374, или 37%, имели каждое годовой выпуск от 1201 до 6000 *m*, тогда как 147, или 15%, могли быть отнесены к более крупным, с годовым выпуском от 6001 *m* и выше.

Чугуно- и сталелитейные цехи и заводы ФРГ можно разделить по числу работающих на три категории, аналогичные названным выше трем категориям по годовому выпуску, а именно: на имеющие до 50 работающих (годовой выпуск до 1200 *m*), от 51 до 250 (годовой выпуск от 1201 до 6000 *m*) и от 250 и выше (годовой выпуск свыше 6000 *m*). Сопоставляя эти данные с данными 1954 г. о составе чугуно- и сталелитейных цехов ФРГ по численности работающих, можно установить, что за 1954—1961 гг. доля мелких предприятий с числом работающих до 50 снизилась с 54 до 48%, доля средних с 51—250 работающими также снизилась с 42,5 до 37%, тогда как доля крупных значительно повысилась с 3,5% до 15%. К концу того же семилетия в США доля крупных чугуно- и сталелитейных производств в их общем числе дошла до 10%, средних составила 39%, мелких 51% (см. табл. 30).

Тенденции к укрупнению наблюдаются и в цветнолитейном производстве ФРГ, хотя в 1963 г. в стране все еще насчитывалось 1042 места производства отливок из цветных сплавов, включая самостоятельные предприятия, цехи в составе заводов, а также отделения и участки. Из этого числа 49% мест производили каждое меньше 5 *m* литья в месяц, выдав с целом за год лишь около 4% всего выпуска в стране. По числу работающих почти 57% мест производства располагали штатом меньше чем по 20 чел., но по всей этой группе было занято всего 8,2% общего числа работающих в данной отрасли, и на долю группы пришлось 8,6% общего оборота. От 20 до 49 работающих было занято в 23,8%, от 50 до 199 — в 14,5%, от 200 до 499 — в 14,5% и от 500 и более — в 1,7% всех мест производства.

Процесс укрупнения литейных цехов, характеризуемый увеличением среднегодового выпуска на один цех, продолжается и в самые последние годы. Общее число литейных цехов, производящих чугуны, стальные отливки, составлявшие в 1961 г. — 1105 единиц, уменьшилось в 1966 г. до 930. За это же время средний годовой выпуск на один цех поднялся с 3900 до 4200 *m*.

В отличие от чугуно- и сталелитейных предприятий общее число цветнолитейных в ФРГ в самые последние годы увеличилось с 1042 в 1963 г. до 1074 в 1964 г. и 1100 в 1966 г.

Во Франции в 1955 г. насчитывалось 2140 литейных цехов, в том числе 1200 чугуно- и фасонносталелитейных. Из общего



числа литейных 725, или 34%, относились к мелким мастерским, в основном цветнолитейным, с числом работающих до 5 чел. Штатами от 500 работающих и выше располагали всего 29 литейных, или 11,8% общего числа.

В 1961 г. число чугуно- и фасонносталелитейных цехов во Франции снизилось до 979, из которых 807 входили в состав машиностроительных, металлургических и металлообрабатывающих заводов.

Из табл. 34 видно, что на долю 807 самостоятельных литейных предприятий во Франции приходилась основная часть (72%) общего выпуска чугунных и стальных отливок в стране. Остальные 28% произвели 172 литейных производства, входящие в состав заводов.

Таблица 34

Структура литейного производства Франции

Металл отливок	Общее число литейных цехов	Общий выпуск в тыс. т/год	Самостоятельные предприятия	
			Выпуск в тыс. т/год	Доля в общем выпуске в %
Серый чугун . . . . .	835	1941	1416	73
Ковкий чугун . . . . .	42	60	51	85
Сталь . . . . .	102	230	142	65
Всего . . . . .	979	2231	1609	72

Общий выпуск чугунных и стальных отливок во Франции достиг в 1963 г. 2 315 000 т, распределившись между самостоятельными предприятиями и заводскими литейными в том же отношении 72 : 28. Если принять число цехов то же, что и в 1961 г., то среднегодовой выпуск на одно место производства в 1963 г. составит 2365 т, на одно самостоятельное предприятие 2070 т и на один заводской цех 3800 т. По этим показателям французская чугуно- и фасонносталелитейная промышленность занимает среднее место между английской и ФРГ [164].

Всего за 1955—1965 гг. число литейных цехов во Франции сократилось по отдельным видам металла: по серому чугуну с 1065 до 951, по ковкому чугуну с 45 до 42, по стальному литью с 95 до 90, а по цветному литью увеличилось с 940 до 1041 единиц.

Среднегодовой выпуск литья увеличился за этот же период по серому чугуну с 1075 до 3100 т/год, по ковкому чугуну с 1200 до 1800 т/год, по стальному литью с 1470 до 2500 т/год и по отливкам из цветных сплавов со 100 до 150 т/год. В среднем по всем

видам литья выпуск одного цеха увеличился с 1955 г. по 1965 г. вдвое и составил в 1965 г. 1400 *т/год* против 700 *т/год* в 1955 г.

До войны в Бельгии, Голландии, Люксембурге ежегодно появлялись новые мелкие литейные. Сейчас число их сокращается. В Бельгии в 1960 г. работало 200 чугуно- и 16 фасонносталелитейных предприятий и цехов, которые произвели примерно 400 000 *т* отливок, что составляет в среднем 2000 *т* на одно место.

К 1963 г. в Голландии насчитывалось 300 литейных цехов, в том числе 93 чугунолитейных, 7 фасонносталелитейных и 200 цехов цветного литья.

В 1962 г. в стране было произведено 230 000 *т* чугунных отливок, 9000 *т* стальных и примерно 20 000 *т* из цветных сплавов. Из общего числа чугунолитейных цехов 42 входят в состав заводов, а 51 представляют собой самостоятельные предприятия. Среднегодовой выпуск одного чугунолитейного цеха в 1962 г. составил 2500 *т*, одного фасонносталелитейного 1300 *т*, что близко к уровню Франции. В то же время средний выпуск одного цветнолитейного цеха находится на уровне 100 *т/год*.

В Италии общее число чугунолитейных цехов в 1966 г. достигло 787 со штатом работающих 46 тыс. чел. В среднем годовой выпуск на одно чугунолитейное предприятие составил здесь 1400 *т*.

В Японии с 1958 по 1961 г. выпуск отливок из серого и ковкого чугуна и цветных сплавов почти удвоился. К началу этого периода в стране было 4000 литейных цехов, в том числе 2700 цехов литья серого чугуна, 83 ковкого чугуна, 325 — алюминиевых сплавов и 875 сплавов на медной основе. Помимо перечисленных цехов, имелось до 1000 кустарных мастерских и мелких участков. В табл. 35 характеризуется рост в Японии за 1958—1961 гг. среднегодового выпуска отливок на один цех как основного критерия процесса укрупнения литейных цехов.

Таблица 35

Характеристика литейного производства в Японии

Металл отливок	Число литейных цехов			Средний годовой выпуск на один цех в <i>т</i>		
	1958 г.	1961 г.	Отношение данных за 1-61 г. к данным за 1958 г. в %	1958 г.	1961 г.	Отношение данных за 1-61 г. к данным за 1958 г. в %
Серый чугун . . . . .	2700	2672	98,0	440	930	210
Ковкий чугун . . . . .	83	100	120,0	970	1150	160
Алюминиевые сплавы . . . . .	325	350	108,0	62	120	200
Медные и другие сплавы . . . . .	875	800	97,5	55	100	182

Из общего числа 2672 литейных цехов серого чугуна в 1961 г. 76% (2024) — мелкие цехи с числом работающих до 50 чел. в каждом. На долю этой наиболее многочисленной группы приходилось лишь 35% общего годового выпуска отливок из серого чугуна. Всего 6% (169) цехов, располагающих штатом от 300 чел. и более, относящихся к крупным, производят 34% общего годового выпуска чугунного литья.

В 1965 г. среднегодовой выпуск на один литейный цех в Японии достиг по серому чугуну 970 *t*, по ковкому чугуну 1520 *t*, по стальному литью 2800 *t* (в 1958 г. 1800 *t*, в 1963 г. 2600 *t*) и по цветному литью 190 *t* [127].

## 6. КРИТЕРИИ ЭКОНОМИЧНОСТИ КООПЕРИРОВАННЫХ ПОСТАВОК ОТЛИВОК

Развитие специализации литейного производства неразрывно связано с расширением и совершенствованием кооперированных поставок отливок [78]. Довоенный объем таких поставок составлял примерно 0,8—1 млн. *t*; этот уровень сохранился примерно до середины 50-х годов, когда вопросам специализации и кооперирования стали уделять особое внимание. В результате этого за последние 10 лет объем кооперированных поставок отливок вырос примерно в 4 раза. В настоящее время указанное количество составляет свыше 3 млн. *t*, в том числе 1,8 млн. *t* чугунных и 1,2 млн. *t* стальных отливок. Объем кооперированных поставок межотраслевых и внутриотраслевых примерно одинаков. О сложности организации кооперированных связей можно судить по тому, что число их по одним только чугунным отливкам достигло в настоящее время 4,5 тыс.

Наряду с подразделением кооперированных связей на меж- и внутриотраслевые рекомендуется также следующая классификация кооперированных связей по признаку экономического районирования: межрайонная, внутрирайонная (внутри экономического района), внутри микрорайона.

Кооперирование внутри микрорайонов типично для районов страны с наиболее развитой индустрией. Этот вид кооперирования, основанный на специализации изготовления отливок, является наиболее рациональным. Положительным фактором можно считать поставку на началах микрорайонной кооперации возможно большего числа категорий отливок. Увеличение доли микрорайонной кооперации свидетельствует о правильном кутовании близлежащих предприятий.

Внутрирайонные связи должны составлять основной объем кооперации, особенно в укрупненных районах с достаточно развитой промышленностью.

Развитие промышленности позволит во многих районах сбалансировать величину потребности в отливках из выпуска специализирующихся литейных предприятий.

Межрайонная кооперация распространяется преимущественно на изделия точного литья, отливки из цветных, жаропрочных и других специальных сплавов, тяжелые отливки. Подобная кооперация экономически оправдана достигаемым при специализации экономическим эффектом. Ее рекомендуется организовать в пределах ближайших экономических районов.

Кооперация между предприятиями хотя бы в одной отрасли, но расположенными во взаимоудаленных районах, допускается как исключение главным образом для отливок специальных

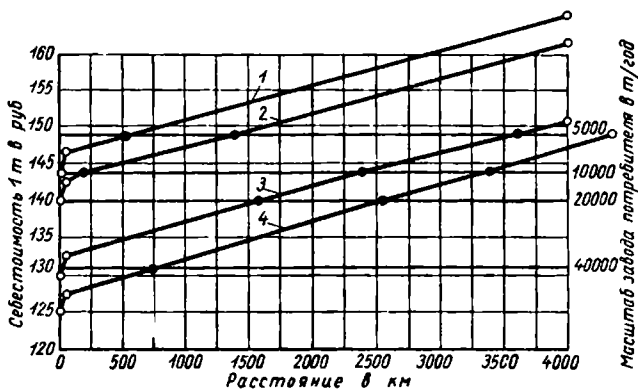


Рис. 3. Расчетный график экономических радиусов кооперированных поставок чугунных отливок при разной мощности цехов:

1 — 10 000 т/год; 2 — 20 000 т/год; 3 — 40 000 т/год,  
4 — 60 000 т/год

видов с массовым выпуском и является следствием недостаточного развития промышленности в отдельных зонах. Создание в ряде районов специализированных предприятий по изготовлению отливок из специальных сплавов, например марганцовистых сталей и др., способствует сокращению неоправданных межрайонных связей и связанных с ними дальних перевозок.

Сравнение величины снижения себестоимости отливок при увеличении объема производства и транспортных расходов, связанных с доставкой отливок до кооперации, позволяет рассчитать предельные экономические радиусы кооперирования.

Изучение данных об изменении себестоимости отливок, изготовляемых в литейных цехах разной мощности при снабжении ими предприятий, удаленных на разные расстояния, в сопоставлении с возможной себестоимостью отливок в случае производства отливок непосредственно на заводах-потребителях, позволило составить расчетный график экономических радиусов кооперированных поставок (см. рис. 3). Точки пересечения наклонных кривых (себестоимость отливок цехов-производителей) и горизонтальных



## Основные изделия — потребители отливок по кооперации в США

Изделия-потребители	Отливки				Всего
	из серого и ковкого чугуна	из стали	из алюминиевых сплавов	Из медных сплавов	
Двигатели автомобилей и запасные части к ним	1 907 070	62 847	73 497	2 018	2 045 432
Сельскохозяйственные машины и оборудование	292 566	21 802	3 353	1 001	318 722
Двигатели внутреннего сгорания	182 712	—	18 526	1 258	202 496
Строительные машины	135 996	140 915	2 675	2 184	281 770
Насосы и компрессоры	128 352	11 605	1 323	9 775	151 055
Вентили и фитинги	124 832	40 559	2 583	38 120	206 076
Холодильники	98 881	5 754	3 875	1 283	109 733
Металлорежущие станки	75 535	17 574	4 768	2 141	101 018
Двигатели и генераторы	75 308	4 916	5 613	592	86 029
Силовое передаточное оборудование	68 089	11 439	—	2 769	82 397
Специальные инструменты и штампы	36 642	11 046	3 590	371	51 649
Оборудование нефтяной промышленности	32 285	13 467	—	689	55 391
Кузнечно-штамповочные машины	30 032	15 235	—	795	46 062
Полиграфические машины	25 656	—	—	502	26 148
Текстильные машины	25 851	—	—	—	25 351
Оборудование бумажных фабрик	24 966	—	—	489	25 455
Железнодорожные вагоны	22 188	76 890	—	—	98 578
Машины для пищевой промышленности	18 354	7 668	1 425	1 450	28 897
Паровые двигатели и турбины	17 439	37 197	—	3 698	58 334
Оборудование шахт	15 781	14 702	—	715	31 198
Конвейеры	13 847	—	—	—	13 847
Деревообрабатывающие станки	11 221	—	2 358	—	13 579
Подъемники, краны, мопорельсы	10 108	5 008	—	358	15 474
Авиационные двигатели и запасные части к ним	—	21 281	4 122	525	25 828
Авиационное оборудование	—	17 247	6 504	359	24 110

ющая собственными крупными специализированными литейными цехами и заводами, при сокращении производства изделий сокращает прежде всего заказы на сторону. В некоторой степени это связывается также с уменьшением числа мелких машиностроительных предприятий.

В литейном производстве США имеются примеры специализации изготовления и полуфабрикатов. Так, в Чикаго существует специализированное изготовление стержней (фирма Кормэйкер).

Располагая тремя специализированными предприятиями по изготовлению стержней, фирма снабжает ими литейные цехи в пределах 500 км. Предприятия оборудованы высокопроизводительными формовочными и сушильными средствами. Стержни чаще всего предназначаются для изготовления ответственных отливок, выпускаемых крупными партиями.

## **7. РОСТ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОГО ПРОИЗВОДСТВА ОТЛИВОК И ПОКАЗАТЕЛИ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ СПЕЦИАЛИЗАЦИИ**

**Рост специализации производства отливок.** Показателем уровня специализации служит, как известно, удельный вес продукции специализированной отрасли в общем производстве соответствующей продукции. Применительно к литейному производству этот показатель целесообразно рассматривать как долю отливок, изготовленных специализированными литейными цехами и заводами в общем объеме выпущенных отливок.

Развитие специализированных мощностей литейного производства приведет к резкому увеличению количества отливок, выпускаемых специализированными цехами и заводами (табл. 37). Данные таблицы определены путем ориентировочного расчета, учитывающего сравнительный рост производства разных групп отливок.

В соответствии с расчетом выпуск специализированных литейных цехов вырастет со значительным опережением против общего темпа увеличения литейного производства в целом. При этом необходимо учитывать технико-экономические преимущества специализации действующих цехов, производительность которых увеличивается за счет применения присущих специализации прогрессивных технологических процессов и механизации производственных и вспомогательных операций.

Наибольший относительный рост специализации приходится в текущем пятилетии на отливки машиностроительных деталей, изготовление которых носит мелкосерийный и серийный характер. Поэтому все вопросы, связанные с технологической, экономической и другими сторонами организации специализированного производства отливок этой группы, имеют особое народнохозяйственное значение.

## Уровень специализации чугуно- и сталелитейного производства [130]

Направление специализация производства отливок	Чугунные отливки		Стальные отливки	
	1963 г.	1970 г.	1963 г.	1970 г.
Специальные способы литья: по выплавляемым моделям . . . . .	—	—	50	80
в оболочковых формах . . . . .	10	65	—	—
Специальные виды отливок: водопроводные трубы . . . . .	35	100	—	—
изложницы . . . . .	50	80	—	—
санитарно-технические отливки; канализационные трубы . . . . .	60	80	—	—
Машиностроительные отливки: крупносерийные, массовые . . . . .	70	100	90	100
серийные и мелкосерийные . . . . .	30	50	25	55
единичные, тяжелые (в том числе уникальные) . . . . .	40	75	50	80
По литейному производству в целом	45	75	65	80

**Расчет капитальных вложений в развитие и специализацию литейного производства.** Для оценки эффективности капитальных вложений, требующихся для развития специализированного производства, необходимо определение соответствующих технико-экономических параметров.

В табл. 38 приведены удельные капитальные затраты на реконструкцию существующих и создание новых специализированных мощностей для разных родов отливок, полученные путем анализа данных большего числа действующих и запроектированных литейных цехов нашей страны.

Таблица 38

## Удельные капитальные затраты на реконструкцию существующих и строительство новых литейных цехов

Виды затрат	Всего на 1 т годового выпуска отливок в руб	В том числе		
		из серого чугуна	из ковкого чугуна	из стали
На прирост производства отливок в целом . . . . .	115	102	130	137
На прирост производства в дейст- вующих, реконструируемых и до- страиваемых цехах . . . . .	90	78	117	109
На производство отливок в литейных цехах и заводах, строящихся вновь	151	135	165	180



Следует иметь в виду, что значительная доля прироста выпуска отливок обеспечивается увеличением объема производства в действующих литейных цехах путем повышения их технического уровня на основе специализации, в том числе путем реконструкции и технического перевооружения. Указанное обстоятельство обуславливает необходимость особого внимания к специализации наличных мощностей и в первую очередь специализации по технологическому признаку.

Приведенные суммы затрат отражают действительные их соотношения. Однако абсолютные величины затрат, как показала практика последних лет, выше. Причиной этого служит применение нового высокопроизводительного автоматизированного оборудования, выпускаемого пока в единичных комплектах применительно к предприятию.

Относительно большая величина удельных капитальных затрат на прирост выпуска отливок в действующих, реконструируемых и достраиваемых цехах, составляющая в среднем 90 руб. на 1 т, объясняется тем, что большое число цехов находится в неудовлетворительном состоянии и, следовательно, необходимо осуществить ряд мероприятий по их упорядочению и главным образом по улучшению условий труда.

Так, например, чтобы увеличить объем выпуска отливок на московском чугунолитейном заводе Станколит с 60 000 до 80 000 т на 1 т прироста выпуска по расчету необходимо затратить 130 руб., т. е. не на много меньше, чем при постройке цеха заново. Однако большая часть затрат приходится на проведение существующего корпуса в порядок.

Следует отметить, что обоснование затрат на улучшение условий труда в литейных цехах привлекает внимание и за рубежом. Польские специалисты, указывая на несомненную экономическую эффективность подобных мероприятий, рекомендуют пользоваться для расчета срока их окупаемости следующей формулой [195]:

$$T_0 = \frac{N}{EP},$$

где  $T_0$  — срок окупаемости в годах;

$N$  — затраты;

$E$  — годовой экономический эффект;

$P$  — коэффициент, учитывающий улучшение условий труда и принимаемый 1,1 при удовлетворительных; 1,2 — при хороших и 1,3 — при очень хороших условиях труда, достигаемых в результате внедренных мероприятий.

Кроме того, оценивая рациональность затрат на прирост мощности в действующих и реконструируемых цехах, следует иметь в виду изменения рентабельности предприятий, рассматривая

последнюю как отношение достигаемой производством прибыли к увеличивающимся основным промышленным фондам.

Применительно к заводу Станколит имеют место следующие соотношения:

	1955 г	1960 г	1965 г
Основные фонды в тыс руб	7147	8477	13 764
Прибыль в тыс. руб.	438	1220	2 700
Уровень рентабельности в %	6,1	14,4	19,6

Полученная заводом прибыль полностью окупила основные фонды за 6, 4 года при установленном нормативе 6—7 лет.

В США из средств, вкладываемых в последние годы в литейную промышленность, на модернизацию технологического, транспортного и санитарно-технического оборудования приходится около 60% всех капитальных затрат и лишь 40% на новое строительство [181].

Сравнение данных о составе и распределении технологического, транспортного и вспомогательного литейного оборудования, находившегося в эксплуатации в США в 1963 и в 1959 гг. показывает, что общее число предметов оборудования уменьшилось. Объясняется это уменьшением числа литейных цехов, а также более высокой производительностью новых установок и процессов.

Общее число формовочных машин, включая машины для оболочковых полуформ, в 1963 г. снизилось до 35 300 против 48 000 в 1960 г., 50 000 в 1954 г. и 53 000 в 1947 г. Надо при этом учесть, что хотя выпуск отливок по весу в 1963 г. был близок к выпуску 1947 г., составляя около 15 млн. *т*, отливки стали более тонкостенными, поэтому число отливок, а следовательно, и форм увеличилось.

Такие же тенденции к увеличению мощности и производительности замечаются и в отношении плавильных установок. Средняя производительность вагранок по сравнению с 1947 г. увеличилась на 33%, число же их сократилось на 44%; на 43% возросла средняя емкость тигельных печей.

По приближенным данным рост капиталовложений в литейном производстве США увеличился за последние 5 лет на 25%, что несколько опережает средний по американской промышленности—18% [141, 148, 184].

О размере удельных капитальных затрат на строительство специализированных литейных цехов США можно судить по примеру нового чугунолитейного цеха станкостроительного завода Буллард, в котором удельные капитальные затраты на 1 *т* годовой мощности составили 233,5 долл. [208, 241].

Соотношение удельных капитальных затрат на развитие литейной промышленности США в целом, приходящихся на 1 *т* годовой мощности цехов разного размера, приведено в табл. 39.

**Сравнительные капитальные затраты на 1 т прироста мощности  
литейных цехов США в % [241]**

Назначение затрат	По литейным цехам в целом	В том числе			
		по чугуно- и сталелитейным цехам мощностью в т/год			по цехам цветных сплавов
		До 5000	5000—25 000	Свыше 25 000	
Модернизация	100	125	100	78	78
Расширение площадей	62	81	47	30	26

При оценке направленности указанных затрат следует иметь в виду наличие в США хронической недогрузки литейных мощностей. Так, если в 1955 г. степень использования мощностей литейного производства составляла в США 67% (с учетом обычно присущего зарубежным литейным цехам коэффициента сменности 1,2—1,4), то в 1960 г. литейная промышленность была загружена всего на 52% своей мощности [206].

Даже в прогрессивной отрасли литья под давлением на 50% (применительно к двухсменному режиму) загружены менее 40% цехов, а степень загрузки остальных еще ниже [96].

Подобная степень загрузки литейных цехов специфична и для других капиталистических стран. Так, в Канаде (в тот же период) только 21% всех литейных цехов использовался полностью, 46% цехов использовались на 70% своей мощности, 24% — на 50% и 9% — меньше чем на 25% [163].

В настоящее время в связи с ростом выпуска отливок (см. гл. I) соответственно увеличилось использование мощностей литейной промышленности капиталистических стран. Однако, если учесть, что лишь за 1964—1967 гг. в этих странах введены в эксплуатацию новые литейные мощности в размере 1,5 млн. т, в том числе в США (Крайслер, Дженерал Моторс, Вестингауз, Линчбург и др.) примерно на 1 млн. т, в Англии (Форд, Цинциннати, Британия Воркс, Уильязи Ли, Алейд Фаундри, Фльвуд и др.) свыше 300 000 т, во Франции (Рено и др.) 50 000 т и т. д., то станет очевидным сохранение значительных резервов литейного производства, позволяющих ему динамично реагировать на практически любой рост потребности.

**Показатели технико-экономической эффективности специализации.** Технико-экономическая эффективность развития специализации литейного производства определяется анализом снижения себестоимости отливок и повышения производительности труда при их изготовлении.

В табл. 40 приведены данные о повышении производительности труда и снижении себестоимости отливок разного рода, достигаемые в результате развития специализации их производства. При составлении табл. 40 за 100% условно приняты показатели себестоимости и выработка на одного рабочего, установленные путем интерполяции результатов обсчета данных большого числа цехов на начало проведения исследований по специализации (1958 г.).

Т а б л и ц а 40

**Изменение технико-экономических показателей  
при повышении уровня специализации производства отливок**

Виды отливок	Запроектированные себестоимость 1 т отливок и выработка на одного рабочего по сравнению с исходными данными 1959 г. в %	
	Себестоимость	Выработка
Из всех видов сплавов . . . . .	90	140
В том числе:		
в действующих и реконструируемых цехах . . . . .	90	134
в новых цехах (в % к данным действующих и реконструируемых цехов) . . . . .	84	163
А. Из серого чугуна . . . . .	86	143
В том числе:		
в действующих и реконструируемых цехах . . . . .	90	137
в новых цехах (в % к данным действующих и реконструируемых цехов) . . . . .	80	171
Из ковкого чугуна . . . . .	80	155
В том числе:		
в действующих и реконструируемых цехах . . . . .	80	152
в новых цехах (в % к данным действующих и реконструируемых цехов) . . . . .	76	184
Из стали . . . . .	86	145
В том числе:		
в действующих и реконструируемых цехах . . . . .	87	138
в новых цехах (в % к данным действующих и реконструируемых цехов) . . . . .	80	172

По новым цехам и заводам себестоимость отливок и выработка на одного рабочего приняты на основе разработанных в последнее время проектов специализированных литейных цехов и заводов и они взяты в процентах к запроектированным данным для действующих и реконструируемых цехов.

Основанием для подобного роста производительности труда является предусматриваемое на основе специализации резкое увеличение доли отливок, выпускаемых комплексно механизированными и автоматизированными цехами. В 1959 г. средний уровень машинной формовки составил 60%, в том числе в литейных цехах автотракторных заводов и заводов сельскохозяйственных машин более 95%, в литейных цехах заводов тяжелого машиностроения порядка 60% и прочего машиностроения 30% [92].

В 1967 г. машинная формовка достигла 69% общего выпуска чугунного литья и 70% стального.

О том, насколько механизация и автоматизация процесса производства способны изменять производительность труда рабочих, занятых изготовлением отливок, можно судить по следующим коэффициентам, заимствованным из «Методики укрупненного определения уровня механизации и автоматизации производственных процессов в машиностроении» [8] (коэффициент, равный единице соответствует производительности, достигаемой при уровне механизации, принятом за базу сравнения).

Механизированное, автоматизированное изготовление и транспортировка смесей 1,5; механизировано только приготовление смеси 0,25; ручное приготовление и транспортировка 0,15.

Изготовление стержней: пескодувными машинами с механизированными подачей смеси и отбором стержней 1; встряхивающими машинами с теми же условиями механизации 0,5; встряхивающими машинами с механизированной подачей смеси 0,4; встряхивающими машинами без механизированной подачи смеси 0,3; вручную 0,1.

Формовка: пескометами и встряхивающими машинами с подпрессовкой с механизированной подачей смеси и опок и отбором полуформ 1; автоматами 2, встряхивающими машинами с механизированными подачей смеси и опок и отбором полуформ 0,8; встряхивающими машинами без механизации 0,2; ручная с механизированной подачей смеси и пневмотрамбовками 0,08; ручная 0,03.

Шихтовка и завалка: механизированные 1; автоматизированные 3; механизированная одна завалка 0,5; вручную 0,3.

Заливка: механизированная на конвейере 1; механизированная, но формы неподвижные 0,3; вручную 0,15.

Выбивка на механизированной решетке с конвейером 1; на решетке, но без механизации удаления опок, отливок, отработанной смеси 0,3.

Обрубка и очистка: очистной барабан непрерывного действия дробеметный 1; гидро-пескоочистка 2; очистной барабан с ручной загрузкой 0,5; галтовочный барабан и пневмоинструмент 0,3; вручную 0,02.

Наибольшая относительная эффективность специализации достигается, как уже указывалось, при мелкосерийном производстве

отливок, поскольку перевод мелкосерийного литейного производства на поток качественно меняет технологический процесс и его экономичность. Между тем литейные цехи с массовым и крупносерийным характером производства (на автомобильных, тракторных, вагоностроительных заводах и заводах сельхозмашиностроения) уже в настоящее время являются крупными специализированными цехами с высоким уровнем техники. Производство единичных крупных отливок сохраняет еще, несмотря на специализацию цехов, в большинстве случаев принципиально ту же технологию изготовления форм и стержней.

Таблица 41

**Изменения технико-экономических показателей производства чугунных отливок в зависимости от уровня специализации и серийности (в %)**

Тип производства	Себестоимость			Выработка на рабочего		
	В начальный период специализации	При завершенной специализации	Снижение себестоимости	В начальный период специализации	При завершенной специализации	Рост выработки
Массовое, крупносерийное . . .	100	87	13	100	146	46
Серийное, мелкосерийное . . .	124	104	16	75	112	48
Единичное . . .	141	124	12	75	103	37

В табл. 41 приведены значения изменения себестоимости чугунных отливок и производительности труда при их изготовлении в зависимости от характера производства (серийности). Анализ данных табл. 41 и других позволяет сделать вывод, что по абсолютной величине себестоимости и производительности труда массовое и крупносерийное производство, как наиболее прогрессивное, остается на первом месте, независимо от того, что больший относительный рост показателей происходит при специализации в условиях серийного и мелкосерийного литейного производства.

Учитывая приведенные в табл. 41 соотношения, следует считать одним из важных результатов, достигаемых практическим применением изложенных выше положений специализации литейного производства, увеличение доли более прогрессивного массового и крупносерийного изготовления отливок за счет резкого уменьшения доли единичного производства.

Так, например, анализ чугунолитейного производства ряда крупных экономических районов РСФСР показал, что в 1958 г. 52% цехов с единичным и мелкосерийным характером производства выпускали 11% всего количества отливок, 37% цехов с серийным производством выпускали 32% отливок и 11% цехов

с массовым и крупносерийным характером производства выпускали 57% отливок. В 1965 г. цехи с мелкосерийным и единичным характером производства, удельная доля которых в связи с ростом специализации равнялась по расчету 40% общего количества цехов, обеспечивала получение лишь 6% всех отливок, цехи (41%) с серийным характером производства — 33% и цехи (19%) с массовым и крупносерийным характером производства — 61% всех отливок.

Полученные результаты подтверждают правильность того, что единственным критерием подлинной специализации является наличие такой концентрации производства однородных отливок, которая оправдывает экономическое применение наиболее прогрессивных процессов и высокопроизводительных агрегатов.

Попытка определения степени специализации литейного производства как частного от деления единицы на количество наименований отливок, изготавливаемых в цехе, без учета указанного критерия, может привести к тому, что расчетный уровень специализации производства будет максимальным, в то время как само производство окажется неэффективным. Это видно из следующего примера.

Задано изготовить 100 отливок поршневых колец в смену. При этом число наименований будет минимальным — 1, и, казалось бы, степень специализации достигается наибольшая. Однако организовать при этом объеме выпуска сколько-нибудь эффективное производство, которое можно было бы рассматривать как специализированное, невозможно [53].

Повышение производительности труда, получаемое в результате намеченной специализации, характеризуется следующими данными.

По материалам ЦСУ в литейном производстве СССР за 1960—1968 гг. наблюдался рост производительности труда, характеризуемый показателями, приведенными в табл. 42.

В 1968 г. выпуск на одного работающего в чугунолитейном производстве СССР достиг 45,0 *т/год* и сталелитейном 26,2 *г/год*. Эти цифры отвечают существующему в настоящее время уровню специализации. Расчеты показывают, что при повышении уровня специализации годовой выпуск на одного рабочего получит дальнейшее увеличение.

Результаты расчета подтверждаются опытом промышленно развитых капиталистических стран. Так, в США, где за несколько последних лет объем годового выпуска отливок возрос почти в 1,5 раза, причем этот рост сопровождался существенным повышением уровня специализации и концентрации литейного производства, потребовалось увеличение числа рабочих, занятых в литейном производстве, всего на 25%.

В 1966 г. выпуск отливок на одного производственного рабочего, занятого изготовлением отливок, достиг в США 71 *т*. Отсут-

## Повышение производительности труда в литейном производстве СССР

Показатели	Годы		
	1960	1965	1968
Выпуск на одного работающего в <i>т/год</i> . . . . .	29,6	33,2	35,4
В том числе:			
по чугуноному литью . . . . .	35	39,4	45,0
» стальному литью . . . . .	23,5	25,4	26,2
Выпуск на одного рабочего в <i>т/год</i>	32	38,2	40,8
В том числе:			
по чугуноному литью . . . . .	36,9	45	51,6
» стальному литью . . . . .	27,2	29,4	30,3

ствие прямых указаний не позволяет точно судить, что относится в статистике США к категории производственных рабочих. Однако если исходить из практически часто существующей пропорции:

$$\frac{\text{Число работающих}}{\text{Число производственных рабочих}} = \frac{1,5 \div 2}{1},$$

то это будет означать, что в 1966 г. средний выпуск на одного работающего в литейном производстве США составлял примерно 40—45 *т*.

В Англии, где за последние годы вошли в строй несколько крупных специализированных литейных цехов, выпуск на одного работающего в чугунолитейном производстве составил в 1966 г. 35 *т*, в фасонносталелитейном 22 *т*.

Во Франции выпуск чугуновых отливок на одного работающего достиг к 1966 г., преимущественно за счет внедрения прогрессивной технологии, 27 *т* и стальных 17 *т*.

В ФРГ выпуск на одного работающего в производстве чугуноного литья был в 1966 г. 27 *т* и на одного работающего в производстве стального литья 15 *т*.

В Италии в связи с ростом автомобилестроения среднегодовой выпуск литья на одного работающего значительно вырос, но все еще составляет в чугунолитейном производстве 24 *т*.

В Японии годовой выпуск на одного работающего в чугунолитейном производстве достиг в настоящее время 26 *т*, а в фасонносталелитейном производстве уже в 1963 г. составлял 22 *т*, что выше показателей западноевропейских стран.

Сопоставление данных о выработке работающих в литейном производстве в натуральном выражении не может считаться, конечно, полностью достоверным, так как структура выполняемых отливок, а следовательно, и их трудоемкость, весьма различны. В частности, различны такие характеристики, как весовые кате-



гории, соотношения массовых, серийных и единичных групп отливок, удельных весов специальных видов литья, степень точности отливок; весьма различны такие условия организации производства, как степень подготовленности исходных материалов, оснастки и т. п.

Для правильной сравнимости оценки показателей производительности труда в литейном производстве нашей страны и хотя бы США необходимо по возможности учесть перечисленные различия. Чтобы сравнить производительность рабочего, занятого в чугунолитейном производстве в СССР и США, в табл. 43 приведен соответствующий расчет, основанный на показателях выработки и данных о распределении чугунных отливок между различными видами изделий применительно к единому периоду.

Т а б л и ц а 43

Расчет сравнимой производительности труда рабочего  
в чугунолитейном производстве СССР и США

Показатели	СССР <sup>1</sup>	США <sup>2</sup>	Расчет
Число рабочих, занятых в чугунолитейном производстве, в тыс. чел.	228	250	<sup>1</sup> 8 000 000 : 35 * <sup>2</sup> 12 700 000 : 51 *
В том числе рабочих, занятых в производстве изложниц, труб, ж.-д. колес и т. п., в тыс. чел. . . . .	8	23	Принимая выпуск на одного рабочего в этих производствах 200 т/год <sup>1</sup> 1 570 000 : 200 <sup>2</sup> 4 700 000 : 200
Число рабочих, занятых в производстве машиностроительных отливок, в тыс. чел. . . . .	220	227	<sup>1</sup> 228—8 <sup>2</sup> 250—23
Выпуск на одного рабочего при производстве чугунных машиностроительных отливок в т . . . . .	29	35	<sup>1</sup> 6 410 000 : 220 000 <sup>2</sup> 8 000 000 : 227 000
То же с учетом операций подготовки исходных материалов . . . . .	29	31	<sup>2</sup> —10%

\* Выработка на одного рабочего.

Как видно из результатов расчета, сопоставимая производительность труда в литейном производстве в СССР и в США мало различается, особенно если иметь в виду значительно больший удельный вес в США производства отливок для автомобилестроения с присущей ему малой трудоемкостью.

Сравнительная экономичность специализации. Сравнительная экономичность специализации может быть определена путем сопо-

ставимого расчета ожидаемой экономии от снижения себестоимости отливок и окупаемости капитальных затрат в условиях развития литейного производства по двум путям: а) нарастающей специализации; б) сохранения специализации литейного производства на исходном уровне.

При этом следует иметь в виду, что при отсутствии увеличения специализации ежегодный прирост производства в действующих литейных цехах также имеет место. Учитывая же очень большую напряженность наличных мощностей наших литейных цехов, ежегодный прирост выпуска может происходить в сравнительно малых размерах. Величина капитальных затрат при средней мощности неспециализированного цеха (по прежней практике строительства) 5000—10 000 *m* не менее чем на 25% превышает затраты при крупных специализированных цехах. Снижение себестоимости отливок, как показал анализ данных по отдельным профилям литейного производства, без повышения специализации также становится весьма ограниченным.

Результаты сравнительного расчета, основанного на анализе ряда фактических и экстраполированных данных, приведены в табл. 44.

Таблица 44

**Показатели сравнительной экономичности специализации литейного производства**

Показатели	Уровень специализации	
	проектируемый	исходный на начальный период исследования (1958 г.)
Сравнительный прирост выпуска отливок в действующих цехах в % к существующему уровню . . . . .	170	100
Капитальные затраты на новое строительство в % . . . . .	100	140
Годовая экономия от снижения себестоимости в % . . . . .	100	80
Окупаемость затрат (число лет) . . . . .	2,3	3,7

Для оценки определенного расчетом срока окупаемости затрат могут быть приведены следующие данные, рекомендуемые польскими специалистами: затраты на установку новых литейных машин и агрегатов должны окупаться не более чем за 5 лет, затраты на освоение новых отливок или на изменение технологического процесса — за 3 года и на изменение организации работы — за 2 года [195].

Таким образом, развитие специализации литейного производства обладает значительными экономическими преимуществами.

## ВЫБОР ОПТИМАЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ПРОИЗВОДСТВА ОТЛИВОК

### 1. ГРАНИЦЫ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ПРЕИМУЩЕСТВЕННОСТИ ЛИТЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Выбор наиболее эффективного варианта изготовления заготовок должен определяться на основе комплексного анализа технической, организационной и экономической целесообразности.

Применение отливок в большинстве случаев определяется эксплуатационными и механическими свойствами литых сплавов, соответствующих требованиям современного машиностроения для наиболее ответственных узлов и деталей машин [14, 21, 22, 31, 70, 94, 218].

Литые заготовки по конфигурации и размерам в наибольшей мере приближаются к готовым деталям, а объем механической обработки невелик по сравнению с заготовками, изготовленными другими методами. Потери металла при обработке отливок колеблются в пределах 20—25% их веса, что в ряде случаев в 2 раза меньше, чем при изготовлении из поковок и проката. Например, при обработке отливок из серого чугуна отходы в среднем составляют 10—30%, отливок из стали 20—60%, а при производстве сложных деталей из поковок отходы при обработке достигают 80—90% [45]. Применение отливок иногда определяется производственными возможностями получения заготовок в требуемом количестве и в установленные сроки. Однако во многих случаях преимущество литой заготовки по сравнению с другими видами заготовок не может быть определено только на основе технических и организационных показателей, а требует проведения также экономического обоснования выбора варианта.

К обоснованию экономической целесообразности применения отливок вместо заготовок другого вида, например сварной (или сварно-литой) конструкции, приходится прибегать обычно при изготовлении коробчатых или плоскостных заготовок средних и крупных размеров; стоек и траверс прессов, блоков цилиндров и коробок передач двигателей, станин и фартуков станков и т. д. При получении небольших сравнительно сложных деталей воз-

никает необходимость выбора литья или штамповки; при изготовлении таких деталей литье успешно вытесняет получение деталей механической обработкой катаных профилей [15].

Иногда рациональна замена отдельных крупных литых конструкций железобетонными. Так, на Коломенском заводе тяжелых станков для большого карусельного станка успешно применена железобетонная станина. Некоторые мелкие отливки целесообразно заменять изделиями из пластмасс и т. д.

Экономический анализ эффективности применения отливок по сравнению с другими видами заготовок производится на основе частных и общих экономических показателей. К частным показателям относятся: трудоемкость изготовления, материалоемкость и энергоемкость, потребность в площади и т. д. Однако эти показатели выражают только часть затрат общественного труда и нередко бывают противоречивыми. Например, уменьшение материалоемкости продукции нередко связано с увеличением трудоемкости ее изготовления (картер коробки передач двигателя мощностью 1000 л. с. весит в литом исполнении 369 кг, в сварном 181 кг). Их трудоемкость характеризуется данными, приведенными в табл. 45 [109].

Т а б л и ц а 45

Трудоемкость исполнения картера коробки передач

Показатели	Вариант исполнения	
	литой	сварной
Общая трудоемкость в чел.-час	45	81,2
В том числе: изготовление заготовки	9	34,6
механическая обработка	36	46,6

Фактором, оказывающим большое влияние на экономичность применения литых деталей, является, наряду с конструкцией детали, количество изготавливаемых заготовок. Динамика изменения себестоимости литых и сварных конструкций при различной серийности выпуска изделий, отражающая общую закономерность, вытекающую из самой сущности технологических процессов сварки и литья, применяемых материалов и оснастки, видна из рис. 4 [117, 121].

Определение сравнительной экономической эффективности вариантов изготовления заготовок целесообразно выполнять путем сопоставления общего экономического показателя — суммы приведенных затрат  $C_n$ .

$$C_n = (C_u + C_o + C_s) B_z + E_n K \text{ руб/год,}$$

где  $C_u$  — себестоимость одной заготовки при изготовлении ее по рассматриваемому варианту в руб/шт (руб/м);

$C_o$  — себестоимость механической обработки одной заготовки по данному варианту в руб/шт (руб/м);

$C_3$  — затраты, обусловленные эксплуатацией заготовки у потребителя в руб/шт (*руб/шт*);

$B_2$  — заданное к изготовлению годовое количество заготовок в шт/год (*шт/год*);

$E_n$  — нормативный коэффициент эффективности в  $\frac{\text{руб/год}}{\text{руб}}$

(принимается в пределах 0,2—0,3);

$K$  — капитальные вложения по варианту в руб.

Наиболее эффективным будет тот вариант, у которого сумма затрат минимальна. Разность между суммами приведенных затрат

по базовому и рассматриваемому вариантам определяет величину годовой экономии. Для практических расчетов при определении величины  $C_u$  достаточно ограничиться цеховой себестоимостью одной отливки (или 1 т литья), которая представляет собой сумму затрат по первому (жидкий металл) и второму (изготовление отливки) периодам.

Себестоимость изготовления одной заготовки  $C_u$  определяется по фактическим данным или по нормативам. Расчет себестоимости изготовления заготовок может производиться в зависимости от необходимости укрупненным или уточненным методом [67].

Затраты, обусловленные эксплуатацией заготовки у потребителя  $C_3$ , должны приниматься в расчет только тогда, когда эти затраты реально различаются по вариантам (например, повышение износостойкости детали и т. п.). Для практических расчетов эти затраты обычно могут не учитываться.

Капитальные вложения представляют собой сумму затрат в основные и оборотные средства по вариантам [3, 18]. Однако расчету и сопоставлению по вариантам подлежат только различающиеся элементы себестоимости и капитальных вложений. Как правило, при сопоставлении вариантов изготовления заготовок достаточно ограничиться расчетом элементов капитальных вложений в оборудование, здания и дорогостоящую технологическую оснастку.

Возможен и более упрощенный метод. Так, технико-экономический анализ преимуществ литых конструкций сводится к вы-

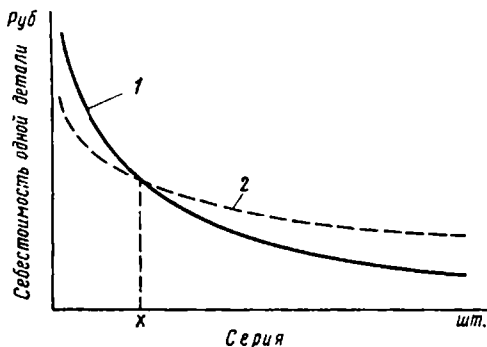


Рис. 4.\* Диаграмма сравнительной экономичности литых и сварных заготовок:

1 — литая конструкция; 2 — сварная конструкция

явлению критической серийности  $X$ , выше которой экономичны детали литые, а ниже — сварные (см. рис. 4). Величина  $X$  определяется из соотношения

$$C = O + \frac{M}{X},$$

откуда

$$X = \frac{M}{C - O} \text{ руб.},$$

где  $C$  — себестоимость сварной заготовки;

$O$  — себестоимость отливки;

$M$  — себестоимость модельного комплекта.

Затратами на приспособления для сварочных работ из-за сравнительно малой их величины по сравнению со стоимостью модельной оснастки можно пренебречь, считая, что они уравновешиваются затратами на опоки. Для простоты расчетов также опущена окупаемость капитальных затрат, хотя иногда эта величина оказывает существенное влияние.

Например, требуется обосновать с помощью изложенного выше метода экономическую целесообразность выбора литой чугунной или сварной станины кривошипного прессы усилием 100 т; серийность изготовления прессы 350 шт. в год.

Сравнительная металлоемкость станин обоих вариантов, исчисленная

Таблица 46  
Сравнительная металлоемкость изготовления станины кривошипного прессы в кг

Вес	Вариант исполнения	
	литой	сварной
Чистый	2500	2150 (в том числе 270 кг поковок)
Черный	2800	2500

по рабочим чертежам, приведена в табл. 46.

Трудоемкость изготовления станин в литом и сварном исполнении с учетом конкретных условий приведена в табл. 47.

В табл. 48 дана сравнительная калькуляция себестоимости станин (затраты на механическую обработку не включены, так как разница между количеством стружки, снимаемой с литых и сварных станин, в данном случае небольшая).

Для изготовления отливки, учитывая размеры и характер детали, применена деревянная модельная оснастка. Стоимость ее (по данным ряда заводов) 500—800 руб. на 1 т веса одной отливки. Для литья указанной станины при ее сравнительно несложной конфигурации стоимость модельного комплекта составит примерно  $500 \cdot 2,8 = 1400$  руб.

Подставляя числовые значения величин  $C$ ,  $O$  и  $M$  в приведенную выше формулу, получим размер критической серии:

$$X = \frac{M}{C - O} = \frac{1400}{377,5 - 324,5} \approx 26 \text{ шт.}$$

Трудоемкость изготовления станины кривошипного пресса

Вариант исполнения			
литой		сварной	
Операции	Трудоем- кость в чел.-час	Операции	Трудоем- кость в чел.-час
Изготовление и сборка формы (3600 × 2000 × × 950/950 мм) . . . . .	23,5	Заготовка элементов конструкции (46 шт.)	35,0
Изготовление стержней (1650 дм³) . . . . .	23,0	Предварительная меха- ническая обработка под сварку . . . . .	34,0
Очистные работы . . . . .	29,5	Сборка под сварку . . . . .	11,5
Прочие работы . . . . .	10,2	Сварка . . . . .	29,5
		Прочие работы (термо- обработка, очистка конструкции) . . . . .	20,0
<b>Всего . . . . .</b>	<b>86,2</b>	<b>Всего . . . . .</b>	<b>130,0</b>

Таблица 48

Сравнительная калькуляция себестоимости станины кривошипного пресса в литом и сварном исполнении в руб.

Статьи расхода	Вариант исполнения	
	литой	сварной
Основные материалы . . . . .	161,1	248,1
Заработная плата:		
основная . . . . .	21,1	30,3
дополнительная . . . . .	1,6	2,1
Начисления на заработную плату . . . . .	119,4	66,7
Общезаводские расходы . . . . .	21,1	30,3
<b>Итого себестоимость заготовки</b>	<b>324,3</b>	<b>377,5</b>

Таким образом в условиях заданной серийности экономичнее изготовление станины кривошипного пресса в литом исполнении.

Область экономически эффективного применения различных заготовок можно определять и графически на основе расчетов и построений. Для этого необходимо задаться несколькими (не менее трех) значениями годовой программы выпуска заготовок (например, 10, 50, 200 шт/год и т. д.). Затем определяется сумма приведенных затрат для каждого значения годовой программы соответственно по первому и второму вариантам [51].

По полученным точкам строят зависимости  $C_n = f(B_n)$  для каждого из сравниваемых вариантов. Из точки пересечения кривых опускают перпендикуляр на ось абсцисс, который делит график на две части. Справа от перпендикуляра на ось абсцисс, начиная с выпуска заготовок  $X$ , находится область экономически эффективного применения одного варианта заготовок, слева — другого.

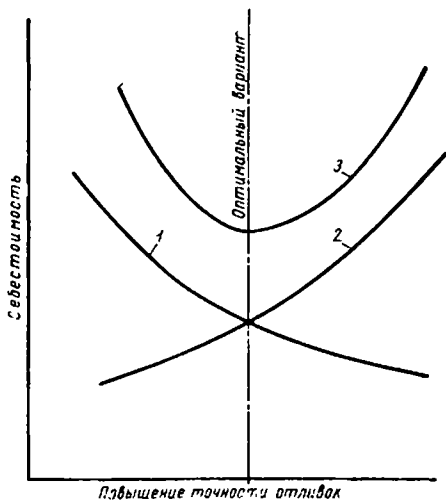


Рис. 5. Схема выбора оптимального варианта технологического процесса:

1 — себестоимость механической обработки, 2 — себестоимость процесса литья; 3 — полная себестоимость

Данные расчеты и построения можно осуществлять для нескольких вариантов (например, для литого, сварного, сварно-

Таблица 49  
Технико-экономические показатели изготовления валов

Показатели	Вариант исполнения	
	литой	кованый
Вес заготовки в т	2,1	6,3
Чистый вес в т	1,7	1,9
Трудоемкость в нормочасах	694	1145
Стоимость в руб.	118,8	410,3

литого исполнения конструкции и т. д.). В результате определяется область сравнительной эффективности применения каждого варианта для изготовления данных заготовок в зависимости от программы выпуска. Эти расчеты целесообразно проводить по типовым деталям-представителям. Полученные на их основе графики позволяют без предварительных расчетов определить наиболее эффективный вариант изготовления заготовки для каждой конкретной детали уже на предпроектной стадии, что особенно важно в период освоения выпуска новых машин и изделий.

Для некоторых деталей, главным образом крупных, оптимальными оказываются комбинированные сварно-литые конструкции [71].

Иногда для деталей средних размеров имеют место случаи вытеснения отливками поковок. Например, на ленинградском заводе «Русский дизель» замена кованых стальных валов литыми из высокопрочного чугуна привела к значительной экономии труда и средств (табл. 49).



Замена штампованного коленчатого вала автомобильного двигателя «Волга» литым позволила сэкономить на каждой штуке 32 руб. и 18,9 кг металла; при переходе на литое исполнение коленчатого вала комбайнового двигателя экономится 15,5 кг металла. Переход на литые коленчатые валы для дизелей мощностью 1000 и 2000 л. с. позволит 23 000 т поковок заменить 7500 т магниевого чугуна [92].

На практике часто случаи сравнения экономичности изготовления отливок для мелких сложных деталей одним из специальных способов литья, штамповкой или механической обработкой проката. При сравнении выбирается способ, дающий наибольшую экономию металла и позволяющий достичь сокращения объема

Таблица 50

**Технико-экономические границы эффективного применения различных способов изготовления заготовок**

Группа сложности заготовок	Вес деталей в г	Способ изготовления заготовок		
		Литье по вылавляемым моделям	Обработка давлением	Механическая обработка проката
Серийность изготовления в шт/год				
Простые	До 25	100—13 000	13 000—100 000	—
	26—50	1500—10 000	10 000—100 000	100—1500
	51—100	1500—4 000	4 000—100 000	100—1500
	101—200	—	2 000—100 000	100—2000
	201—500	—	100—100 000	—
	501—1000	—	100—100 000	—
Средней сложности	До 25	100—13 500	13 500—100 000	—
	26—50	100—10 500	10 500—100 000	—
	51—100	100—4 200	4 200—100 000	—
	101—200	100—3 500	3 500—100 000	—
	201—500	100—2 500	2 500—100 000	—
	501—1000	100—2 200	2 200—100 000	—
Сложные	До 25	100—15 000	15 000—100 000	—
	26—50	100—13 000	13 000—100 000	—
	51—100	100—10 000	10 000—100 000	—
	101—200	100—4 200	4 200—100 000	—
	201—500	100—3 500	3 500—100 000	—
	501—1000	100—3 000	3 000—100 000	—
Особо сложные	До 25	100—100 000	Применение нецелесообразно	—
	26—50	100—100 000	—	—
	51—100	100—100 000	—	—
	101—200	100—12 000	12 000—100 000	—
	201—500	100—4 800	4 800—100 000	—
	501—10 000	100—4 000	4 000—100 000	—

механической обработки путем максимального приближения заготовки к виду окончательного изделия.

В табл. 50 приведены технико-экономические границы эффективного применения способов литья по выплавляемым моделям, обработки давлением и механической обработки проката в зависимости от степени сложности деталей, их веса и серийности выпуска.

При выборе оптимального варианта получения заготовки необходимо учитывать, что уменьшение объема механической обработки, как правило, связано с удорожанием заготовки; однако в большинстве случаев это удорожание несоизмеримо с достигаемой экономией.

На рис. 5 приведена схема выбора оптимального варианта технологического процесса [196].

## 2. ПОСТРОЕНИЕ И ВЫБОР РОДА ЛИТЕЙНОЙ ФОРМЫ

Основная масса отливок изготавливается в настоящее время способом литья в объемные разовые формы. Преобладание совершенствующихся песчаных смесей в качестве материала для литейных форм, особенно средних и крупных, на ближайшие десятки лет объясняется рядом их преимуществ: небольшой стоимостью, большими запасами и легкой доступностью, накопленным опытом использования и освоенными мощностями, а также наличием прогрессивных технологических решений.

Трудоемкость изготовления отливок распределяется между технологическими переделами примерно следующим образом: приготовление жидкого металла 10%, изготовление формы 60%, очистка и отделка отливок 30%.

Литейной технологии посвящен ряд капитальных трудов и исследований [89 и др.]. Однако в большинстве работ построение литейной формы и другие технологические факторы не всегда рассматриваются во взаимной связи со способом изготовления форм и организацией литейного процесса в целом. Между тем большие резервы повышения производительности труда заложены в правильном построении и выборе рода формы в соответствии со способом ее изготовления.

Конструкция литейной формы должна быть взаимосвязана со способом изготовления, определяемым профилем специализации. Одновременно конструкция формы обуславливает в значительной мере весь технологический процесс изготовления отливки.

В качестве примера подобной взаимной связи на рис. 6 приведена схема, позволяющая сравнивать технологию изготовления отливки корпуса патрона к токарному станку при специализированном и специализированном производстве [111].

При неспециализированном производстве рассматриваются ручная формовка и формовка на ручной протяжной машине, при

специализированном производстве — формовка на встряхивающей машине с поворотным столом.

Из рисунка видно, что все элементы технологического процесса имеют разные решения при различных типах производства.

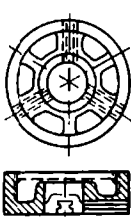



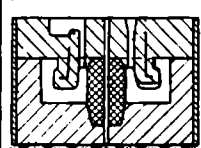
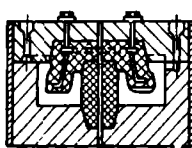
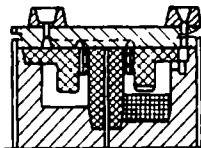


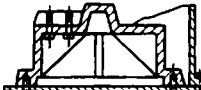


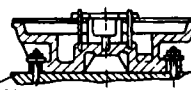
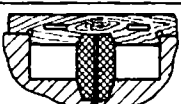

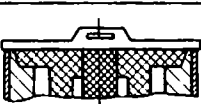
Характеристика	Неспециализированное производство		Специализированное производство
	Ручное	Полумеханизированное	Механизированное
Деталь			
Отливка			
Форма			
Модель		Разъем модели 	
Стержень вай ящик			 Стел машины
Сборочный инструмент			

Рис. 6 Сравнительная схема технологии изготовления отливки корпуса патрона токарного станка при различных типах производства

Повышающиеся требования к точности отливки и разные условия сборки форм определяют разницу в построении форм, конструкции стержней и способах их крепления. Снижение припусков на

обработку обусловливается применением литниковых систем, разных по фильтрующим качествам.

Различаются также конфигурация и материал моделей и стержневых ящиков; различна технология сборки.

Недооценка зависимости построения литейной формы и применяемой оснастки от типа производства привела в 40-х годах к попыткам повсеместного внедрения автотракторной технологии не только в ее принципиальной, но и в исполнительной части.

Явившиеся следствием этого естественные неудачи привели к мнению о неприменимости машинных способов изготовления литейных форм в условиях мелкосерийного и единичного производства, что опровергнуто последующей практикой советской и зарубежной промышленности.

Остановимся кратко на отдельных решениях технологии литейной формы в зависимости от способа ее изготовления. Организация работ по изготовлению и заливке форм влияет на выбор рода формы: сырой с упрочненной поверхности или сухой. Основными предпосылками, позволяющими отказаться от применения сухих форм, вызывающих резкое удлинение цикла производства, повышенный расход топлива и т. д., являются равномерное уплотнение смеси и местное упрочнение стенок форм.

Главное условие достижения равномерности уплотнения сырых форм наиболее распространенным «методом» — с помощью встряхивающих и прессовых машин — состоит, как показал опыт многих заводов, в обеспечении отбеганности поверхности моделей — отсутствии острых и прямых углов, выступов, внутренних карманов и наличия достаточных по радиусу галтелей в местах перехода от вертикальных поверхностей к горизонтальным. Это вытекает из самой сущности уплотнения встряхиванием и прессованием, при которых уплотняемая смесь уподобляется вязкой капельной жидкости [1, 7, 105].

При проектировании сырых форм необходимо предусматривать минимальное металлостатическое давление. По расчетным данным прочность сырой формы достаточна, чтобы противостоять силе металлостатического напора, создаваемого столбом металла высотой (до уровня в литниковой чаше) 700—800 мм.

При изготовлении тонкостенных отливок высота столба металла может превосходить расчетную, так как в этом случае металлостатическое давление воспринимается не стенками формы, а металлической оболочкой — коркой, образовавшейся на стенках в момент заполнения; при изготовлении крупных отливок, когда количество жидкого металла расплавляет своей теплотой эту корку, высота его столба, приходящегося на сырую поверхность формы, не должна превышать расчетную.

Части формы, испытывающие наибольший напор, должны подвергаться упрочнению.

Снижение трудоемкости изготовления песчаных форм при правильном выборе их рода весьма ощутимо. Так, на московском чугунолитейном заводе Станколит при переводе ряда станин станков с сухих форм на подсушенные и осуществление механизации процессов трудоемкость формовки снизилась почти вдвое, в том числе по станине револьверного станка на 45%, многолезцового полуавтомата на 56%, токарно-винторезного станка на 30% и т. д. [59].

Большие возможности сокращения цикла производства и соответственно повышения производительности труда, снижения трудоемкости изготовления литейных форм заложены в способе химического упрочнения форм путем продувки их углекислым газом.

Внедряемая за последние годы технология изготовления форм и стержней из жидких самотвердеющих смесей выявила для ряда случаев большую эффективность этого процесса, возможность получения отливок со сравнительно повышенной точностью размеров, приспособленность к комплексной механизации и автоматизации, улучшение санитарно-гигиенических условий труда.

При выборе размера формы дальнейшее применение малых опок, природа которых обусловлена ручными операциями, следует считать нецелесообразным. На каждую формовочную машину должен приходиться один размер опоки — наибольший возможный, на каждый конвейер для автоматизации процесса выбивки — не более двух. Увеличение и унификация размеров опок не должны вызывать сокращения металлоемкости форм, чего можно достичь путем надлежащего укомплектования модельных плит моделями.

Тенденция к автоматизации процессов формовки и заливки при специализации производства предъявляет дополнительные требования к построению литейной формы. Это особенно заметно в условиях поточного специализированного мелкосерийного производства отливок. В автоматизированном цехе завода Фишер (Швейцария) для обеспечения автоматизации операции заливки применена постоянная литниковая система для всех опок размером 650 × 530 мм. Выполнена она следующим образом. На заливочной стороне верхней полуформы устроена система канавок (литниковых ходов), по которым жидкий металл подается в стояки отдельных секций. Металл заливают в расположенную у самого края литниковую чашу надлежащего объема, из которой он поступает в систему канавок.

Организовать автоматическую заливку форм из поворотных ковшей позволило расположение литниковых чаш во всех формах в одном и том же месте.

Особое значение имеет соответствие конструкции стержней способу их изготовления. Развитие технологии литья за последние десятилетия характеризуется непрерывным возрастанием удельного веса стержневых работ в связи с усложнением конструкций

выпускаемых машин (агрегатные станки, автоматы, сложные прокатные станы и т. п.). Однако уровень механизации изготовления стержней значительно ниже формовочных. Так, по данным обследования промышленных предприятий Московской области оказалось, что уровень механизации формовочных работ в 2,5 раза выше, чем стержневых.

Основными признаками, определяющими возможность машинного изготовления стержней, являются простота конфигурации стержней при отсутствии внутренних карманов и труднодоступных полостей; наличие развитого плоскостного разреза (открытой



Рис. 7. Центральной стержень бабки токарно-винторезного станка:

*а* — цельный, *б* — сборный

набивной стороны стержневого ящика); небольшая высота, исключая необходимость значительной прочности стержня в сыром виде.

Упрощение конфигурации стержней, образующих внутренние полости сложных крупных отливок, осуществляется преимущественно заменой крупных цельных массивных стержней сборными. Примером последних могут служить центровые стержни блоков автомобильных и тракторных двигателей, бабки токарно-винторезного станка (рис. 7) и др.

При изготовлении стержней в условиях специализированного поточного производства не всегда обязательно соблюдать правило о применении минимального числа стержней. Часто проще и экономичнее изготовить несколько стержней машинным способом и затем собрать их, чем изготовить один стержень, но вручную. Примером этого может служить большое количество стержней при изготовлении автомобильного блока цилиндров, собираемых в кондукторах и проставляемых в форму как один стержень.

Анализ неформообразующих элементов стержневых ящиков (корпусов), проведенный на заводе б. Ленстанколит показал,

что даже при очень большой номенклатуре стержней достаточно 8—10 размеров унифицированных корпусов (рис. 8). Указанное исследование позволило ряду заводов с мелкосерийным характером производства организовать машинное изготовление стержней, используя стационарные, установленные на машинах корпуса стержневых ящиков в сочетании со сменными вкладышами [19, 56].

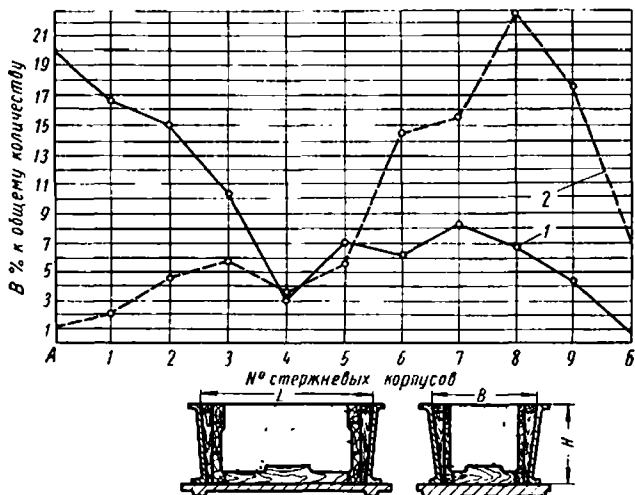


Рис. 8. График распределения стержней станочных отливок по нормализованным корпусам стержневых ящиков:

1 — число стержней; 2 — объем стержней; А — мелкие ящики разных типов; В — стержни, не укладываемые в нормализованные ящики

Большое значение приобретает стандартизация стержней [238]. Резко снижающаяся трудоемкость изготовления стержней с переходом на машинное производство по унифицированной оснастке дает возможность вернуться при специализации к получению крупных единичных отливок литьем в формы, собранные из стержней.

Исследование крупных отливок позволило установить наличие в них определенной конструктивной общности, характерной для отдельных групп изделий.

На рис. 9 приведены графики, характеризующие конструктивную общность крупных отливок некоторых деталей металлорезающих станков. Отливкам оснований, корпусов, стоек, а также станин металлорезающих станков присущи почти неизменная высота, незначительно колеблющаяся ширина и значительный диапазон длин.

Указанная конструктивная общность позволила разработать систему так называемой безмодельной формовки, основанной на применении жакетов с унифицированными профилями (рис. 10) и переменной длиной [115].

Технико-экономическая эффективность применения метода жакетной (безмодельной) формовки проверена на ряде заводов. При

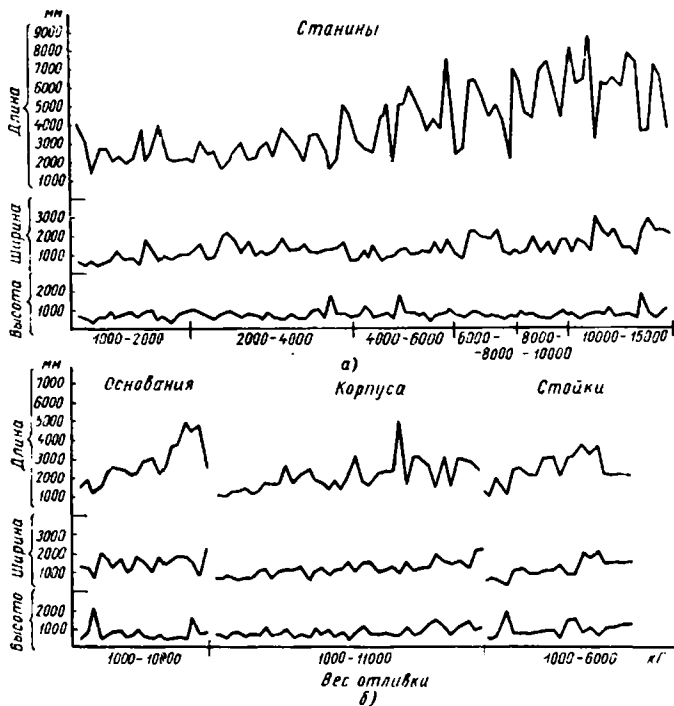


Рис. 9. Графики, характеризующие конструктивную общность:  
 а — станин; б — оснований; корпусов и стоек металлорежущих станков

использовании этого метода для изготовления отливок весом 20—25 т (станины шлифовального станка) длительность цикла сокращается с 408 до 216 ч.

Эффективность безмодельной формовки подтверждена и зарубежным опытом. Так, при изготовлении отливки корпуса конденсатора весом 4,5 т по безмодельной технологии при партии 12 шт. в год достигнута экономия на технологической оснастке 15% и на изготовлении формы 35%. Общая продолжительность изготовления отливки, включая изготовление оснастки, сократилась на  $\frac{2}{3}$  [197].

Все изложенное выше относится к построению литейной формы, приспособленной к условиям специализированного производства



отливки. Однако литейная форма не только построением, но и точностью входящих в нее частей должна соответствовать характерному для того или иного профиля специализации способу

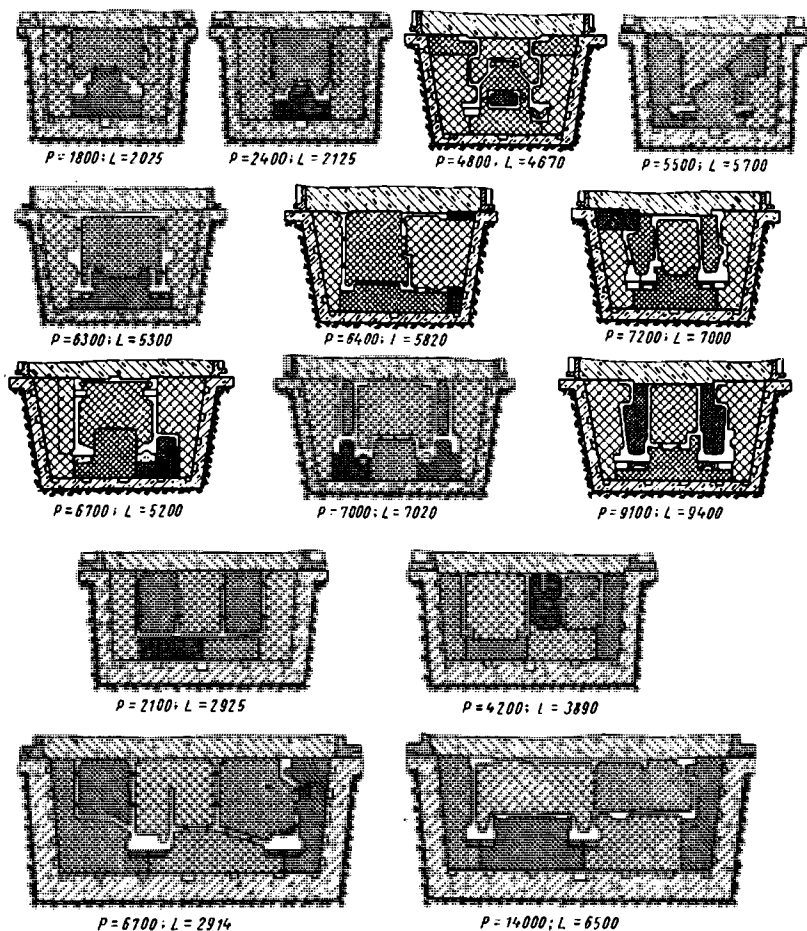


Рис. 10. Схема применяемости постоянных жакетов для станин различных металлорежущих станков:

$P$  — вес отливки в кг;  $L$  — длина в мм

изготовления. Это позволит реализовать большие резервы повышения точности отливок, которыми располагает объемная разовая форма [6, 17].

Осуществляемый в настоящее время прочностной расчет форм (величины знаков и др.) должен сочетаться с размерным расчетом. Одновременно с обеспечением надлежащих условий быстросмен-

ности оснастки, сборки форм и т. д., размерный расчет будет способствовать решению одного из кардинальных вопросов литейного производства — повышению точности отливок.

Аналогия между процессом сборки литейных форм и различных машин (узлов) позволяет за основу размерных расчетов принять метод размерных цепей [2, 115].

Для правильного проектирования литейной формы обязательным является условие

$$\Sigma_{\omega} \leq \Sigma_{\delta},$$

где  $\Sigma_{\omega}$  — ошибки, возникающие при изготовлении форм и отливок,

$\Sigma_{\delta}$  — допуски, отвечающие техническим условиям на литье.

Для одних и тех же форм при одинаковых требованиях к точности отливок допуски на элементы форм (или части модельных комплектов) могут резко колебаться в зависимости от принципа сборки форм

К литейной технологии в зависимости от профиля специализации производства можно применить следующие принципы сборки: полная и частичная взаимозаменяемость, сборка с пригонкой.

Принцип полной взаимозаменяемости предполагает, что все части форм, стержней, собираемые без какого-либо подбора или пригонки, обеспечивают необходимую точность отливки. Особенности такой сборки форм являются простота и ритмичность выполнения сборочных операций, позволяющие организовать поточное производство.

При равномерном распределении отклонений в размерах между всеми элементами формы средний допуск на каждый из них при соблюдении полной взаимозаменяемости составит

$$\delta_{c,p} = \frac{\delta_s}{m-1},$$

где  $\delta_s$  — величина допуска на размер отливки, например на толщину ее стенки;

$m$  — число всех элементов формы.

Полученные таким расчетом допуски оказываются очень малыми и достигаются лишь в условиях крупносерийного и массового производства, в то время как для мелкосерийного производства обусловленные такими допусками процессы и оснастка оказываются неэкономичными.

Необходимо учитывать, что чем короче размерная цепь (т. е. меньше  $m$ ), тем рациональнее способ полной взаимозаменяемости, так как величина  $\delta_{c,p}$  получается довольно значительной; следовательно, чем проще конфигурация отливки, тем меньший объем выпуска обеспечивает эффективность применения методов массового производства.

Принцип частичной взаимозаменяемости предполагает, что какая-то часть формы не обеспечивает необходимой точности отливки. Это означает, что, используя некоторые положения теории вероятности, допуски на все звенья размерной цепи принимают несколько расширенными; при этом степень точности части отливок (в машиностроительных расчетах, основанных на законе равномерного распределения, обычно 0,27%) не будет соответствовать заданной.

Средняя величина допуска при условии равного влияния допусков на размеры отдельных элементов формы определяется из уравнения

$$\delta_{Lp} = \frac{\delta_s}{\sqrt{m-1}}.$$

При этом в пятизвенной размерной цепи средний допуск получится в 2 раза больше, чем при полной взаимозаменяемости при неизменной  $\delta_s$ .

Принцип сборки форм на основе неполной взаимозаменяемости оказывается наиболее целесообразным при мелкосерийном производстве отливок, включая отливки сложные и средней сложности.

Принцип сборки с пригонкой, заключающийся в том, что необходимая точность отливки достигается путем пригонки частей формы по месту (опиловкой, притиркой и пр.), рекомендуется при изготовлении единичных, особенно тяжелых отливок. Для определения допусков обычно используется следующее неравенство:

$$\sum_{i=1}^{m-1} \delta_i > \delta_s,$$

где  $\delta_i$  — величины технологически и экономически приемлемых допусков отдельных частей формы.

Таким образом получается как бы излишний допуск  $\delta_k = \sum_{i=1}^{m-1} \delta_i - \delta_s$ , который необходимо устранить, чтобы компенсировать требуемую точность. Компенсация должна осуществляться изменением размера одного из элементов формы, который должен быть заранее установлен и снабжен надлежащим припуском.

Пригонка позволяет обеспечить нужную точность отливки в пределах возможной точности изготовления крупных форм и стержней.

### 3. РАСЧЕТ ЭКОНОМИЧНОГО ВАРИАНТА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

Учитывая, что в ближайшие годы наиболее распространенным будет оставаться совершенствующийся способ литья в объемные разовые формы, весьма важен метод обоснования для спе-

специализированного производства экономичного варианта данного способа.

Большую часть отливок, получаемых в объемных разовых формах, можно изготавливать, применяя в пределах одного профиля специализации разные варианты технологического процесса с использованием различного оборудования и достигая при этом тождественных качеств и точности отливок. Выбор оптимального технологического варианта рекомендуется решать расчетом сравнительной их экономичности [117].

Определение преимущественной экономичности того или иного варианта целесообразно путем сопоставления приведенных затрат (см. § 1). При этом расчету и сопоставлению подлежат только различающиеся по вариантам элементы себестоимости и капитальных вложений

При сравнении различных технологических процессов изготовления литья затраты по первому переделу (жидкий металл) можно не учитывать, так как они обычно остаются неизменными. При необходимости затраты по первому переделу, приходящиеся на одну отливку или  $l$   $m$  отливок (себестоимость  $l$   $m$  жидкого металла), определяются по плановой или отчетной калькуляции.

**Определение затрат на выполнение различных технологических процессов.** Расходы, связанные с выполнением технологического процесса, составляют выраженную в денежной форме сумму трудовых, материальных и прочих затрат, производимых в цехе. Из всех элементов капитальных вложений по технологическому процессу достаточно обычно учесть капитальные вложения в оборудование, здания, дорогостоящую технологическую оснастку. Сумма этих затрат (себестоимость изготовления) может быть в общем виде выражена формулой

$$W = M_o + L + M_e + O + \frac{S}{r} + C_p,$$

где  $M_o$  — затраты на основные материалы, расходуемые на отливку;

$L$  — расходы на заработную плату, включая дополнительную заработную плату и начисления;

$M_e$  — затраты на вспомогательные материалы и полуфабрикаты, расходуемые в данном процессе;

$O$  — затраты на оснастку, включая стоимость ремонта и ухода, относимые непосредственно к данной отливке;

$S$  — расходы на 1 машино-час работы оборудования;

$r$  — число процессов, повторяемых за 1 ч;

$C_p$  — прочие цеховые расходы, приходящиеся на отливку. Расходы на 1 машино-час в общей форме будут равны

$$S = \sum S_i + S_u + S_p + S_z,$$

где  $\sum S_i = S_{s_1} + S_{s_2} + \dots + S_{s_n}$  — затраты на различные виды энергии (электрическую, сжатого воздуха и др.), расходуемой на 1 ч работы оборудования;

$S_a$  — амортизационные отчисления, приходящиеся на 1 ч работы оборудования;

$S_p$  — затраты на планово-предупредительный ремонт оборудования и уход за ним, приходящиеся на 1 ч его работы;

$S_s$  — расходы на содержание (отопление, уборка, освещение и т. д.) и амортизацию здания, приходящиеся на 1 ч работы оборудования.

Если в формулу для определения затрат на технологический процесс, приведенную выше, подставить значение  $S$ , она будет иметь следующий вид.

$$W = M_o + Z + M_i + O + \frac{\sum S_{s_1} + S_a + S_p + S_s}{r} + C_p.$$

На ее основе можно составить формулы для определения затрат по отдельным процессам.

**Ф о р м о в к а.** Затраты на изготовление одной формы можно представить в виде

$$W = M_\phi + \sum W_c + L_\phi + O_\phi + \frac{S_\phi}{r_\phi} \text{ руб.},$$

где  $M_\phi$  — затраты по формовочной смеси на одну форму;

$\sum W_c$  — затраты на комплект стержней для одной формы;

$L_\phi$  — заработная плата (включая дополнительную и начисления) формовщиков на одну форму;

$O_\phi$  — расходы по оснастке на одну форму;

$S_\phi$  — расходы на 1 машино-час формовки;

$r_\phi$  — количество форм, изготавливаемых за 1 ч.

**И з г о т о в л е н и е с т е р ж н е й** (формовка, сушка и отделка). Затраты на один стержень составляют

$$W_c = M_c + L_c + O_c + \frac{S_{\phi c}}{r_{\phi c}} + \frac{S_{cc}}{r_{cc}} + \frac{S_{oc}}{r_{oc}} \text{ руб.},$$

где  $M_c$  — затраты по стержневой смеси на один стержень;

$L_c$  — заработная плата (включая дополнительную и начисления) стерженщиков на один стержень;

$O_c$  — расходы по оснастке на один стержень;

$S_{\phi c}$ ,  $S_{cc}$  и  $S_{oc}$  — расходы на 1 машино-час соответственно формовки, сушки и отделки стержней;

$r_{\phi c}$ ,  $r_{cc}$  и  $r_{oc}$  — количество стержней, подвергающихся соответственно формовке, сушке и отделке в течение 1 ч.

Очистка отливок (1-я операция — выбивка опок, 2-я — выбивка стержней, 3-я — собственно очистка, 4-я — обрубка, 5-я — зачистка). Затраты на одну отливку определяются по формуле

$$W_o = M_{o_0} + L_{o_1} + L_{o_2} + L_{o_3} + L_{o_4} + L_{o_5} + \\ + \frac{S_{o_1}}{r_{o_1}} + \frac{S_{o_2}}{r_{o_2}} + \frac{S_{o_3}}{r_{o_3}} + \frac{S_{o_4}}{r_{o_4}} + \frac{S_{o_5}}{r_{o_5}} \text{ руб.},$$

где  $M_{o_0}$  — затраты на вспомогательные материалы (песок, дробь и т. п.) приходящиеся на одну отливку;  
 $L_{o_1}, L_{o_2} \dots L_{o_5}$  — заработная плата (включая дополнительную и начисления) по операциям очистки на одну отливку;  
 $S_{o_1}, S_{o_2} \dots S_{o_5}$  — расходы на 1 машино-час операций очистки;  
 $r_{o_1}, r_{o_2} \dots r_{o_5}$  — количество отливок, подвергасмых каждой из операций очистки в течение 1 ч.

Капитальные вложения на оборудование, здания и оснастку определяют по балансовой стоимости за вычетом фактического погашения износа. При этом учитывается время их использования при изготовлении данных отливок.

Нормы затрат труда составляются на основе расчетов, определяющих одновременно выработку рабочего и производительность оборудования при данных условиях в единицу времени. Нормы расхода основных и вспомогательных материалов, используемых в данном процессе, рассчитываются с учетом класса технологической сложности отливки и типа производства. Затраты на материалы, несмотря на их большой удельный вес в себестоимости отливок, не всегда являются определяющими при выборе технологического процесса, так как они мало различаются при сопоставлении, например, ручной формовки с машинной.

Расходы по оснастке на одну операцию определяются как частное от деления суммарной стоимости оснастки, включая затраты на ремонт и уход за время эксплуатации, а также на возможное число операций за время процесса. Эти расходы могут сильно колебаться в зависимости от материала, конструкции модели и стержневых ящиков, сложности отливок, а также от масштабов производства. Для практических расчетов могут быть использованы существующие нормативы затрат на модельную оснастку в различных условиях производства [52, 108].

Расходы, падающие на 1 машино-час работы оборудования, могут быть определены делением годовых затрат, связанных с эксплуатацией оборудования, на число часов его работы в год. Нормативы расхода разных видов энергии связаны с характеристикой и режимом работы установки, потребляющей энергию.

Амортизация литейного оборудования принимается по утвержденным нормам амортизационных отчислений по основным фондам в зависимости от характеристики оборудования, условий эксплуатации, сменности работы. Амортизация опок определяется обычно с учетом пятилетнего срока службы опок (норма амортизации 20%), производительности машины и суммарной стоимости комплекта опок, приходящегося на единицу оборудования. При этом потребное количество опок определяется с учетом 10% запаса на ремонт. Расходы по ремонту и содержанию оборудования исчисляются на 1 ч работы на основе годовых расходов по оборудованию разных категорий ремонтной сложности и в соотношении с общепринятой системой плагово-предупредительного ремонта.

Нормативы расходов по содержанию зданий и сооружений следует относить к единице площади в единицу времени. Среднегодовые расходы по помещению, приходящиеся на 1 м<sup>2</sup> площади, могут приниматься ориентировочно по следующим нормативам (в руб.):

Текущий ремонт помещений . . .	1,5
Содержание и отопление . . . . .	6,0
Освещение при работе:	
в одну смену . . . . .	1,0
в две смены . . . . .	5,5
в три смены . . . . .	6,0

Ниже в качестве примера приведены некоторые данные о расходах на 1 машино-час работы некоторых видов литейного оборудования [100].

Формовочные машины типа 233-235 с обслуживающим их вспомогательным и транспортным оборудованием . . . . .	1,5—2,5
Стержневые машины . . . . .	0,65—0,85
Машины для литья под давлением (600, 900, 2250)	0,35—0,55
Очистной барабан (диаметр 1000 мм, длина 1750 мм)	0,47
Дробеструйная машина ДК-1 (диаметр 1900 мм, длина 2800 мм) . . . . .	0,68
Пескоструйный аппарат . . . . .	0,76
Сушильный шкаф для мелких форм и стержней . . .	0,25

При необходимости нормативы затрат, приходящиеся на 1 машино-час работы различных видов оборудования, могут быть получены из специальной литературы [67, 68].

### Примеры выбора экономичных процессов изготовления отливок

В качестве примера приведен выбор наиболее экономичного технологического процесса формовки и изготовления стержней при производстве станины металлорежущего станка. Вес отливки 700 кг; в год производится 1500 отливок.

**Формовка.** Исходные данные: размеры опок в свету  $2600 \times 950 \times 350/350$  мм; объем  $1,75 \text{ м}^3$ ; в форме одна отливка; количество стержней 16 шт.

Сравниваем три способа формовки: 1) в опоках по деревянным моделям вручную с применением пневматических трамбовок; 2) по деревянным моделям с набивкой при помощи пескомета; 3) по металлическим моделям на встряхивающих перекидных машинах. Для упрощения сравнение производится только по расходам, различным для указанных способов, поэтому величины  $M_{\phi}$  (затраты на формовочную смесь) и  $\sum M_c$  (затраты на комплект стержней), одинаковые для всех способов, не учитываются.

**Определение величины  $L_{\phi}$ .** По нормативам трудоемкости изготовления одной формы заданного типа и размера затрачивается при формовке с пневматическим инструментом 190 чел.-мин., при набивке пескометом 123 чел.-мин. Трудоемкость при формовке на встряхивающих машинах с перекидным столом (марки 235) при составе бригады из 10 чел. и производительности в случае полумеханизированного производства пять форм в час составляют  $\frac{10 \cdot 60}{5} = 120$  чел.-мин. на одну форму. Если принять среднюю часовую тарифную ставку формовщика условно за 40 коп., что за 1 мин составит 0,0067 руб., и начисления на заработную плату 16%, то величина  $L_{\phi}$  составит для разных процессов:

1-й процесс . . . . .	190 · 0,00667 · 1,16 = 1,47 руб.
2-й процесс . . . . .	123 · 0,00667 · 1,16 = 0,95 руб.
3-й процесс . . . . .	120 · 0,00667 · 1,16 = 0,93 руб.

**Определение величины  $O_{\phi}$ .** Величину  $O_{\phi}$  определяют исходя из стоимости и сроков службы металлической и деревянной модели. Стоимость комплекта деревянной модельной оснастки: при формовке по деревянным моделям (1-й и 2-й процессы) затраты на оснастку, приходящиеся на одну форму  $O_{\phi}$ , составят (при стоимости комплекта оснастки 360 руб. и сроке службы 75 съемов с модели)  $360 : 75 = 4,8$  руб. При формовке по металлическим моделям (3-й процесс) величина  $O_{\phi}$  составит (при стоимости комплекта оснастки 1500 руб. и срока службы до 20 тыс. съемов с модели)  $1500 : 1500 = 1$  руб.

**Определение соотношения величин  $\frac{S_{\phi}}{r_{\phi}}$ .** При формовке вручную с применением пневматической трамбовки расчет ведется на одну форму (примерное время уплотнения одной формы 1 ч). Стоимость сжатого воздуха из расчета 0,18 коп. за  $1 \text{ м}^3$  и работы двух трамбовок, расходующих  $60 \text{ м}^3/\text{ч}$ , будет равна

$$S_{z_2} = 60 \cdot 0,018 \text{ руб.} = 0,11 \text{ руб.}$$

Затраты на ремонт трамбовок незначительны, ими можно пренебречь.



Расходы по содержанию здания из расчета площади рабочего места  $50 \text{ м}^2$  и затрат  $0,004$  руб. в час на  $1 \text{ м}^2$  составят

$$S_{з_1} = 50 \cdot 0,004 = 0,2 \text{ руб.}$$

Таким образом,

$$\frac{S_{\phi}}{r_{\phi}} = \frac{0,11 + 0,2}{1} = 0,31 \text{ руб.}$$

При пескометной набивке формовочной смеси часовая производительность принимается равной четырем формам, т. е.  $r_{\phi} = 4$  из расчета мощности пескомета  $7 \text{ м}^3/\text{ч}$ .

Затраты на электроэнергию при расходуемом ее количестве  $30 \text{ квт} \cdot \text{ч}$  и стоимости  $1 \text{ квт} \cdot \text{ч}$   $1,5$  коп. составят

$$S_{э_1} = 30 \cdot 0,015 = 0,45 \text{ руб.}$$

Амортизационные отчисления при  $2355 \text{ ч}$  односменной работы оборудования в год и стоимости пескомета  $4300$  руб. равны

$$S_a = \frac{4300 \cdot 0,04}{2355} = 0,075 \text{ руб.}$$

Погашение капитальных затрат на оборудование составит

$$S_{к} = \frac{4300 \cdot 0,1}{2355} = 0,18 \text{ руб.}$$

Расходы на ремонт и содержание оборудования  $S_p$  равны  $0,34$  руб.; на содержание здания из расчета площади рабочего места при пескометной набивке  $70 \text{ м}^2$  расходы составят

$$S_{з_2} = 70 \cdot 0,004 = 0,28 \text{ руб.}$$

Таким образом,

$$\frac{S_{\phi}}{r_{\phi}} = \frac{0,45 + 0,075 + 0,18 + 0,34 + 0,28}{4} = 0,33 \text{ руб.}$$

При формовке на встряхивающих машинах часовая производительность составляет пять форм, т. е.  $r_{\phi} = 5$ . Затраты на энергию (сжатый воздух) при расходе  $3 \text{ м}^3$  воздуха на формовку и стоимость  $1 \text{ м}^3$  воздуха  $0,18$  коп. составят

$$S_{э_2} = 3 \cdot 5 \cdot 0,0018 = 0,027 \text{ руб.}$$

Амортизационные отчисления при стоимости комплекта оборудования  $15\,000$  руб. равны

$$S_a = \frac{15\,000 \cdot 0,04}{2355} = 0,26 \text{ руб.}$$

Погашение капитальных затрат на оборудование

$$S_{к} = \frac{15\,000 \cdot 0,1}{2355} = 0,64 \text{ руб.}$$

Расходы на ремонт и содержание оборудования  $S_p = 0,27$  руб.

Расходы на содержание здания из расчета площади рабочего места  $70 \text{ м}^2$  для комплекта из двух машин

$$S_s = 70 \cdot 0,004 = 0,28 \text{ руб.}$$

Таким образом,

$$\frac{S_{\phi}}{r_{\phi}} = \frac{0,027 + 0,26 + 0,64 + 0,27 + 0,28}{5} = 0,29 \text{ руб.}$$

Сравнимая часть текущих расходов (себестоимости) на изготовление одной формы, зависящая от выбранного процесса, составляет

1-й процесс . . . . .	$1,47 + 4,8 + 0,31 = 6,58$ руб.
2-й процесс . . . . .	$0,95 + 4,8 + 0,33 = 6,08$ руб.
3-й процесс . . . . .	$0,93 + 1,0 + 0,29 = 2,22$ руб.

**О п р е д е л е н и е к а п и т а л ь н ы х в л о ж е н и й.**  
Учитываются только капитальные вложения в оборудование, здания и оснастку.

При формовке вручную с пневматическим инструментом капитальные вложения в оборудование не учитываются. Вложения в здания определяются из расчета площади рабочего места  $50 \text{ м}^2$ , высоты помещения  $10 \text{ м}$ , стоимости  $1 \text{ м}^3$  здания  $10$  руб. Примерное время уплотнения одной формы  $1 \text{ ч}$  (или  $1500 \text{ ч}$  на годовую программу). При формовке в одну смену ( $2355 \text{ ч}$  коэффициент занятости рабочего места изготовления данных отливок составит  $1500 : 2355 = 0,64$  (остальное время в смене на рабочем месте изготавливаются формы для других отливок).

$$K_s = 50 \cdot 0,64 \cdot 10 \cdot 10 = 3200 \text{ руб.}$$

Капитальные вложения в оснастку определяют исходя из срока службы деревянной модели (принимая  $75$  съемов с модели до полного износа с учетом срока службы после ремонта). Для выпуска  $1500$  отливок в год потребуется  $1500 : 75 = 20$  комплектов оснастки.

Стоимость комплекта оснастки составляет (включая затраты на ремонт)  $360$  руб. Следовательно, капитальные вложения в оснастку составят

$$K_{oc} = 20 \cdot 360 = 7200 \text{ руб.}$$

Всего капитальные вложения по 1-му процессу составят  $K = 3200 + 7200 = 10\,400$  руб., или  $10\,400 : 1500 = 6,93$  руб. на одну форму.

При пескометной формовке капитальные вложения в оборудование определяются из расчета  $2355 \text{ ч}$ , односменной работы и часовой производительности пескомета  $r_{\phi} = 4$  формы. Следовательно пескомет будет занят изготовлением данных отливок

$1500 : 4 = 375 \text{ ч/год}$ . Коэффициент занятости оборудования равен  $375 : 2355 = 0,16$ . Стоимость пескомета 4300 руб.

Капитальные вложения в оборудование составят

$$K_{об} = 4300 \cdot 0,16 = 688 \text{ руб.}$$

Капитальные вложения в здания определяются из расчета площади рабочего места при пескометной набивке  $70 \text{ м}^2$ . Коэффициент занятости рабочего места равен (как и оборудования) 0,16. Капитальные вложения в здание составляют

$$K_z = 70 \cdot 0,16 \cdot 10 \cdot 10 = 1120 \text{ руб.}$$

Капитальные вложения в оснастку принимаем условно равными вложениям по 1-му процессу, т. е. 7200 руб.

Всего капитальные вложения по 2-му процессу составят  $K = 688 + 1120 + 7200 = 9008 \text{ руб.}$ , или  $9008 : 1500 = 6 \text{ руб.}$  на одну форму.

При формовке на встряхивающих машинах капитальные вложения определяются из расчета 2355 ч односменной работы и часовой производительности  $r_{\phi} = 5 \text{ форм}$ . Следовательно, комплект оборудования будет занят изготовлением данных отливок  $1500 : 5 = 300 \text{ ч/год}$ . Коэффициент занятости оборудования  $300 : 2355 \approx 0,13$ .

Стоимость комплекта оборудования 15 000 руб.

$$K_{об} = 15\,000 \cdot 0,13 = 1950 \text{ руб.}$$

Капитальные вложения в здание (из расчета  $70 \text{ м}^2$  площади рабочего места комплекта из двух машин и коэффициента занятости 0,13) составят

$$K_z = 70 \cdot 0,13 \cdot 10 \cdot 10 = 910 \text{ руб.}$$

Капитальные вложения в комплект металлической модельной оснастки (включая затраты на ремонт) составят 1500 руб. Всего капитальные вложения по 3-му процессу составят

$K = 1950 + 910 + 1500 = 4360 \text{ руб.}$ , или  $4360 : 1500 = 2,9 \text{ руб.}$  на одну смену.

Сравнимая часть приведенных затрат, приходящаяся на изготовление одной формы и зависящая от выбранного процесса, составляет

$$C_n = C + E_n K.$$

1-й процесс	.....	$6,58 + 0,2 \cdot 6,93 = 7,97 \text{ руб.}$
2-й процесс	.....	$6,08 + 0,2 \cdot 6,0 = 7,28 \text{ руб.}$
3-й процесс	.....	$2,22 + 0,2 \cdot 2,9 = 2,8 \text{ руб.}$

Отсюда следует, что наиболее выгодной в данных условиях является формовка на пневматических машинах. Делая такой вывод, следует иметь в виду, что полная сумма затрат значительно превышает ее сравнимую часть.

## Изготовление центрального стержня

Исходные данные: объем центрального стержня  $44 \text{ дм}^3$ ; число стержней в отливке 1; количество стержней, изготавливаемых в год, 1500.

Сравниваются два способа изготовления стержней: вручную по деревянным ящикам и на машине марки 232 по металлическим моделям. При сравнении только отличающихся элементов затрат величины  $M_c$ ,  $\frac{S_{cc}}{r_{cc}}$  и  $\frac{S_{oc}}{r_{oc}}$ , как примерно одинаковые для обоих способов, можно исключить.

Сравнивая сумму расходов будет

$$L_c + O_c + \frac{S_{\phi c}}{r_{\phi c}}.$$

Определение величины  $L_c$ . По нормативам трудоемкости на изготовление стержня заданного размера и группы сложности затрачивается при ручной формовке 95 чел.-мин., при формовке на машине (при условии, что работает бригада из 2 чел., производительность составляет при формовке 50 съемов в смену, а при изготовлении стержней в 1,25 раза меньше) 24 чел.-мин.  $\left(\frac{2 \cdot 60 \cdot 8 \cdot 1,25}{50}\right)$ .

Приняв для примера (условно) среднюю величину заработной платы стерженщика 38 коп. за 1 ч, или 0,0063 руб за 1 мин, и начисления 16%, получим для 1-го способа

$$L_c = 95 \cdot 0,0063 \cdot 1,16 = 0,69 \text{ руб.};$$

для 2-го способа

$$L_c = 24 \cdot 0,0063 \cdot 1,16 = 0,18 \text{ руб.}$$

Определение величины  $O_c$ . При формовке вручную с применением пневматической трамбовки первоначальная стоимость деревянного стержневого ящика составляет 41,7 руб.; стоимость его ремонта за время службы 10 руб.; количество стержней, которые могут быть изготовлены за весь период эксплуатации деревянного ящика, равно 150. При этих условиях

$$O_c = \frac{41,7 + 10,0}{150} = 0,35 \text{ руб.}$$

При формовке на машине первоначальная стоимость металлического стержневого ящика равна 760 руб.; стоимость ремонта 317 руб.; количество стержней, изготавливаемых за время службы, ~ 5000. Следовательно,

$$O_c = \frac{760 + 317}{5000} = 0,21 \text{ руб.}$$

Определение величины  $\frac{S_{\phi c}}{r_{\phi c}}$ . Для 1-го способа рассчитываются только затраты на содержание здания, т. е.

$$\frac{S_{\phi c}}{r_{\phi c}} = S_z.$$

При площади рабочего места  $5 \text{ м}^2$  и продолжительности процесса  $2,5 \text{ ч}$  получим

$$S_z = 5 \cdot 0,004 \cdot 2,5 = 0,05 \text{ руб.}$$

При 2-м способе количество стержней, изготавливаемых за  $1 \text{ ч}$ , составляет

$$r_{\phi c} = \frac{50}{8 \cdot 1,25} = 5 \text{ шт.}$$

Затраты на энергию (сжатый воздух) при расходе  $1 \text{ м}^3$  воздуха на один стержень

$$S_{э} = 1 \cdot 5 \cdot 0,0018 = 0,009 \text{ руб.}$$

Амортизационные отчисления при стоимости машины марки 232, составляющей  $2525 \text{ руб.}$ , равны

$$S_a = \frac{2525 \cdot 0,04}{2355} = 0,043 \text{ руб.};$$

$$S_k = \frac{2525 \cdot 0,1}{2355} = 0,107 \text{ руб.};$$

$$S_p = 0,235 \text{ руб.}$$

Расходы по содержанию здания из расчета площади рабочего места машины 232, равной  $15 \text{ м}^2$ ,

$$S_z = 15 \cdot 0,004 = 0,06 \text{ руб.},$$

следовательно,

$$\frac{S_{\phi c}}{r_{\phi c}} = \frac{0,09 + 0,043 + 0,107 + 0,235 + 0,06}{5} = 0,091 \text{ руб.}$$

Таким образом сравнимая часть текущих затрат на изготовление одного стержня составляет для 1-го способа

$$0,69 + 0,35 + 0,05 = 1,09 \text{ руб.};$$

для 2-го способа

$$0,18 + 0,21 + 0,091 = 0,48 \text{ руб.}$$

Определение капитальных вложений. Учитываются только капитальные вложения в оборудование (при машинном изготовлении стержней), в здание и оснастку.

При машинном изготовлении стержней капитальные вложения в оборудование определяются из расчета  $2355 \text{ ч}$  односменной

работы и часовой производительности пять стержней в 1 ч (см. определение величины  $L_c$ ). Следовательно, машина марки 232 занята изготовлением данных стержней  $1500 : 5 = 300$  ч/год. Коэффициент занятости оборудования  $300 : 2355 \approx 0,13$ . Стоимость машины марки 232 примем 2525 руб.

Капитальные вложения в оборудование составят

$$K_{ос} = 2525 \cdot 0,13 = 328 \text{ руб.}$$

Капитальные вложения в здание определяются из расчета площади рабочего места при ручной формовке  $5 \text{ м}^2$  и продолжительности процесса 2,4 ч, высоты помещения 10 м, стоимости  $1 \text{ м}^3$  здания 10 руб. Коэффициент занятости рабочего места при односменной работе (2355 ч) и времени ручной формовки 95 чел.-мин. составляет

$$\frac{1500 \cdot 95}{2355 \cdot 60} \approx 1,0.$$

$$K_з = 5 \cdot 1,0 \cdot 10 \cdot 10 = 500 \text{ руб.}$$

При машинном изготовлении стержней

$$K_з = 15 \cdot 0,13 \cdot 10 \cdot 10 = 195 \text{ руб.}$$

(в остальное время в смене на рабочем месте должны изготавливаться стержни для других форм).

Капитальные вложения в оснастку при ручной формовке стержней (при стойкости деревянного ящика 150 съемов и первоначальной стоимости 41,7 руб.) составят

$$K_{ос} = \frac{1500}{150} 41,7 = 417 \text{ руб.}$$

При машинном изготовлении стержней капитальные вложения в металлическую модельную оснастку составят 760 руб.

Всего капитальные вложения при ручной формовке составят

$$K = 500 + 417 = 917 \text{ руб., или } 917 : 1500 = 0,61 \text{ руб.}$$

на один стержень;

при машинном изготовлении

$$K = 328 + 195 + 760 = 1283 \text{ руб., или } 1283 : 1500 = 0,86 \text{ руб.}$$

на один стержень.

Сравнимая часть приведенных затрат, приходящаяся на изготовление одного стержня, составит при ручной формовке

$$1,09 + 0,2 \cdot 0,61 = 1,21 \text{ руб.,}$$

при машинной формовке

$$0,48 + 0,2 \cdot 0,86 = 0,65 \text{ руб.}$$

Отсюда следует, что для данного случая выгоднее машинное изготовление стержней.

#### 4. ГРАНИЦЫ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ СПЕЦИАЛЬНЫХ СПОСОБОВ ЛИТЬЯ

Темпы роста выпуска литья специальными способами опережают, как указывалось, темпы роста литейного производства в целом.

Увеличение выпуска отливок различными специальными способами, рассмотренное в гл. II, вызывает необходимость определения области их технико-экономической преимущественности.

Применение точных методов литья в ряде случаев повышает трудоемкость и себестоимость отливок в литейных цехах. Однако, обеспечивая повышенные точности отливок, эти процессы позволяют значительно экономить металл и резко сократить трудоемкость механической обработки, что в конечном итоге снижает себестоимость изготовления детали. Наиболее экономичный вариант технологического процесса должен иметь минимальную сумму приведенных затрат. Экономическая эффективность, связанная с использованием нового технологического процесса, определяется как разность между суммами приведенных затрат по базовому и внедряемому вариантам производства.

Практика работы показывает, что литье по выплавляемым моделям эффективно применять для изготовления мелких и сложных деталей с большим объемом механической обработки и из дорогостоящих легированных сплавов, литье под давлением — для сложных фасонных тонкостенных отливок из цветных сплавов, в оболочковые формы — для сложных тонкостенных отливок из черных сплавов, литье в кокиль — для сравнительно простых по конфигурации отливок из цветных и черных сплавов.

Однако выбор процесса формообразования для конкретных отливок зависит от ряда факторов (серийности выпуска, характеристики литья, вида металла, требований к готовой детали и т. д.), что требует для обоснованного решения проведения специальных расчетов.

Характерной особенностью анализа экономичности специальных способов литья в условиях развивающейся специализации литейного производства является то, что он должен выполняться с учетом технико-экономических преимуществ специализированных литейных предприятий, где масштаб выпуска соответствует способу изготовления отливок. Правильный выбор базы для определения сравнительной экономичности специальных способов литья позволяет исключить искажения, вносимые случайным размером партий и незагруженностью оборудования из-за малого выпуска. Эти искажения иногда приводили к доказательствам о нецелесообразности механизации и автоматизации производства отливок.

Эффективность перевода на специальные способы литья может определяться сопоставлением с другими различными вариантами

получения заготовок, в том числе в песчаные разовые формы. При этом анализируются технические и организационные показатели (геометрическая и весовая точность отливок, качество поверхности, сроки изготовления и т. д.). Завершается анализ расчетом сравнительной экономической эффективности изготовления готовой детали с учетом механической обработки [68, 24].

Таблица 51

Сравнительные характеристики разных способов литья

Характеристика способов литья	Способ литья				
	В сырые песчаные формы	В оболочковые формы	В металлические формы (в кокиль и центробежное)	По выплавляемым моделям	Под давлением
Неограниченность размеров . . . . .	I	III	II	IV	V
Произвольность конфигурации . . . . .	II	III	IV	I	V
Произвольность сплавов . . . . .	I	II	IV	I	V
Стоимость оснастки . . . . .	I	III	IV	II	V
Продолжительность освоения . . . . .	I	IV	II	III	V
Наименьшая экономичная партия . . . . .	I	III	IV	II	V
Возрастание экономичности с увеличением партии . . . . .	IV	III	II	V	I
Производительность (темпл) . . . . .	IV	III	II	V	I
Чистота поверхности отливки . . . . .	V	III	IV	II	I
Тонкостенность отливок . . . . .	IV	III	V	I	II
Выход годного . . . . .	IV	III	V	II	I
Допуски на размеры . . . . .	V	III	IV	II	I

Таблица 52

Допускаемые отклонения на размеры отливок при специальных способах литья

Способ литья	Наибольший габаритный размер отливок в мм					
	До 25	25—40	40—65	65—100	100—250	250—400
В оболочковые формы . . . . .	$\pm 0,2$	$\pm 0,2$	$\pm 0,3$	$\pm 0,3$	$\pm 0,4$	$\pm 0,5$
В кокиль . . . . .	$\pm 0,2$	$\pm 0,2$	$\pm 0,3$	$\pm 0,3$	$\pm 0,4$	$\pm 0,5$
По выплавляемым моделям . . . . .	$\pm 0,08$	$\pm 0,1$	$\pm 0,12$	$\pm 0,15$	$\pm 0,3$	$\pm 0,4$
Под давлением . . . . .	$\pm 0,05$	$\pm 0,06$	$\pm 0,08$	$\pm 0,1$	$\pm 0,12$	$\pm 0,15$



Сравнительные характеристики различных способов литья приведены в табл. 51 (римские цифры обозначают соответственные характеристики по нисходящей линии). Данные о достигаемой точности размеров и чистоте поверхности отливок приведены в табл. 52 и 53.

Таблица 53

Влияние метода изготовления отливок и типа производства на точность отливок [25]

Способ литья	Тип производства	Развес отливок в кг	Сплав	Класс точности (ОСТ 1010)	Чистота поверхности отливок (ГОСТ 2789-59)
В оболочковые формы	Массовое	До 10	Чугун и сталь	5-7	2-5
	Серийное	> 10		7-8	1-4
	Массовое	До 100		5-8	1-4
	Серийное	> 100		7-9	1-3
В металлические формы (кокиль)	Массовое	До 10	Алюминиевые сплавы	4-7	3-6
	Серийное	> 10		5-8	2-5
	Массовое	До 100		4-7	2-5
	Серийное	> 100		5-7	1-4
	Массовое	Св 100	Чугун и сталь	5-7	1-4
	Серийное	> 100		7-9	1-3
	Массовое	До 100		5-7	1-3
	Серийное	> 100		7-8	1-2
	Массовое	Св 100		7-8	1-3
	Серийное	> 100		8-9	1-2
По выплавляемым моделям	Массовое	До 1	Сталь	4-7	3-6
	Серийное	> 1		5-7	2-5
	Массовое	До 10		5-8	2-5
	Серийное	> 10		7-9	1-4

Способ литья	Тип производства	Развес отливок в кг	Сплав	Класс точности (ОСТ 10.0)	Чистота поверхности отливок (ГОСТ 2789—59)
Под давлением	Массовое Серийное	До 1 » 1	Цинковые сплавы	3—5 3—5	5—8 5—7
	Массовое Серийное	До 10 » 10		4—7 5—8	5—7 3—5
	Массовое Серийное	До 1 » 1	Алюминис- вые сплавы	4—7 5—8	5—7 3—5
	Массовое Серийное	До 10 » 10		5—7 5—8	4—5 3—5

**Литье в оболочковые формы.** В табл. 54 приведена классификация случаев применения оболочковых форм и стержней [63].

Данный способ литья по технике выполнения, используемым связующим материалам и области применения делится на две группы: литье в оболочковые формы на основе терморезистивных смол с толщиной стенок формы 5—10 мм и литье в оболочковые формы на основе жидкого стекла с толщиной стенок формы 25—150 мм.

Себестоимость отливок, получаемых способом литья в оболочковые формы первой группы, из-за большой стоимости терморезистивных смол часто выше себестоимости отливок, изготовляемых в обычных песчаных формах. Средняя расчетная себестоимость 1 т отливок, получаемых литьем в оболочковые формы, значительно превышает себестоимость отливок, получаемых в обычных формах.

По данным практики США, экономичность литья в тонкостенные оболочковые формы достигается при соотношении веса чугуновых отливок к весу оболочковой формы 2 : 1. Однако в большинстве случаев экономичность оболочкового литья достигается уменьшением объема механической обработки за счет большей точности размеров и лучшего качества поверхности. На сравнительную экономичность процесса литья в оболочковые формы оказывает положительное влияние то, что этот процесс при достаточном объеме производства приспособлен к механизации и автоматизации.

Классификация применимости оболочковых форм и стержней [63]

Характеристика форм и стержней	Преимущественная область применения		Основной связующий материал	Тип модельной оснастки	Методы, применяемые для затвердевания форм и стержней	Средства механической защиты процессов
	Размер отливок	Тип производства				
Мелкие оболочковые формы	Мелкие	Массовое и крупносерийное	Пульвер—бакелит или его заменители	Металлическая	Нанесение порошкообразной смеси на горячую модель	Полуавтоматические и автоматические машины
Средние оболочковые формы	Средние				Продукта углекислым газом, использование самозатвердевающих смесей	Прессовые машины
Крупные оболочковые формы	Крупные	Единое и мелкосерийное	Жидкое стекло	Деревянная	Продукта горячими газами, продукта углекислым газом, использование самозатвердевающих смесей	Встрякивающие машины
	Средние и крупные				Использование самозатвердевающих смесей	Пескометы
	Внешние, специальные вставки					

Характеристика форм и стержней	Преимущественная область применения		Основной связующий материал	Тип модельной оснастки	Методы, применяемые для затвердевания форм и стержней	Средства механизации процессов
	Размер отливка	Тип производства				
Крупные оболочковые формы	Средние и крупные	Едиичное и мелкосерийное	Жидкое стекло	Деревянная	Продуква горячими газами, использование самозатвердевающих смесей	Встряивающие машины, пескометы
					Продуква углекислым газом; использование самозатвердевающих смесей	Стержневые машины, пескометы
Оболочковые стержни	Мелкие	Массовое и крупносерийное	Пудльвербакелиг или его заменителя	Металлическая	Нанесение порошкообразной смеси на горячие ящичи	Слепшальные полуавтоматические и автоматизированные
					Средние	Вдувание смеси горячим воздухом или последующая продуква горячим воздухом стержня
	Крупные	Едиичное и мелкосерийное	Жидкое стекло	Деревянная	Продуква углекислым газом; использование самозатвердевающих смесей	Пескометы

В табл. 55 приведены данные, позволяющие сравнивать технико-экономические показатели способа производства отливок в оболочковых и сырых песчаных формах, на рис. 11 — в оболочковых формах и по выплавляемым моделям [210].

Таблица 55

Сравнительные технико-экономические показатели получения деталей станков литьем в оболочковые формы, сырые песчаные формы и механической обработкой (из проката)

Способ получения деталей	Детали			
	Крышка	Столка	Кольцо	Фланец
<i>Трудоемкость в нормоминутах</i>				
Литье в песчаные разовые формы	17	23	52	—
Механическая обработка заготовок, полученных в сырых песчаных формах . . . . .	77	56	145	—
Механическая обработка (из проката) . . . . .	—	—	—	74
Общая трудоемкость изготовления деталей в песчаных формах . . . . .	94	79	197	74
Литье в оболочковые формы . . . . .	14	19	41	12
Механическая обработка заготовок, полученных в оболочковых формах . . . . .	42	30	31	33
Общая трудоемкость изготовления деталей в оболочковых формах	56	49	72	45
Снижение трудоемкости . . . . .	38	30	125	29
<i>Весовые показатели в кг</i>				
Отливка, полученная в сырой песчаной форме, или заготовка, полученная механической обработкой (из проката) . . . . .	1,10	1,50	2,50	0,70
Отливка, полученная в оболочковой форме . . . . .	0,77	0,76	1,80	0,16
Экономия металла на 1 шт . . . . .	0,33	0,74	0,70	0,50

Широкое развитие получает применение оболочковых стержней. Так, только за три года число литейных цехов США, использующих эти стержни, увеличилось с 566 до 921 [246]. При решении вопроса о целесообразности применения оболочковых форм и особенно стержней следует учитывать, что прочность получаемых в оболочковых формах отливок, у которых сохраняется литейная корка, на 10—15% выше прочности отливок, изготовленных в обычной песчаной форме и подвергнутых круговой обработке.

Технология литья в оболочковые формы, изготовленные из смеси на жидком стекле и упрочненные путем продувания их углекислым газом (CO<sub>2</sub>-процесс), была разработана и применена

в нашей стране для производства крупных стальных и чугунных отливок.

Уже в 1956 г. на заводах тяжелого машиностроения указанный процесс использовался для изготовления ~ 40 наименований крупных деталей весом до 80 т. На Старо-Краматорском заводе им. Орджоникидзе в оболочковой форме была отлита стальная станина штамповочного молота весом 7,7 т; отдельные части формы имели длину 3 м и ширину 1,1 м. На Ново-Краматорском

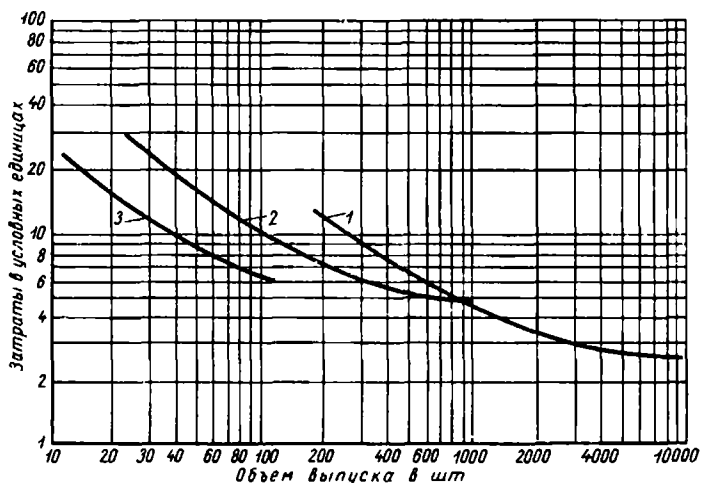


Рис. 11. График сравнения затрат на литье в оболочковые формы и по выплавляемым моделям в зависимости от объема выпуска:

1 — литье в оболочковые формы; 2 — литье по выплавляемым моделям (прессформы металлические); 3 — литье по выплавляемым моделям (прессформы гипсовые)

заводе в оболочковой форме изготовлена отливка подушки прокатного стана весом 10,1 т; для этой отливки был применен оболочковый стержень диаметром 1,2 м и длиной 1,5 м. Там же получена чугунная отливка весом 21 т станины шестеренной клетки прокатного стана. На Электростальском заводе тяжелого машиностроения изготовлена стальная отливка вала — звездочки весом 2,8 т, причем механическая обработка по профилю и контуру зубьев, площадь которых составляет 70% всей поверхности детали была полностью устранена [81].

В табл. 56 приведены технико-экономические характеристики процесса литья в оболочковые формы, изготовленные из смеси на основе жидкого стекла; они даны на примере отливки в объемные разовые и оболочковые формы станины прокатного стана чистым весом 78,7 т. Как видно из таблицы, при новом процессе трудоемкость литейно-обрубных работ несколько увеличилась

Сравнение основных технико-экономических показателей изготовления станины прокатного стана

Показатели	Литье в объемные разовые формы	Литье в оболочковые формы	
		Всего на одну деталь	Изменение в %
Трудоемкость в нормочасах: литейно-обрубных работ . . . . .	1 135	1166,2	+2,2
В том числе:			
формовки, сборки . . . . .	427,5	447,6	+4,7
изготовления стержней . . . . .	35,5	49,6	+40,0
обрубки, очистки . . . . .	604	604,0	—
огневой резки . . . . .	68	65,0	-4,5
механической обработки . . . . .	755	620,0	-17,9
Общая трудоемкость в нормочасах	1 800	1786,2	-5,5
Вес припусков на механическую обрубку в кг . . . . .	10 200	5500	-46,0

(на 2,2%); однако поскольку площадь поверхностей детали, требующих механической обработки, уменьшилась и припуски на механическую обработку сократились, общая трудоемкость изготовления детали снизилась.

В СССР, ЧССР, ГДР, США и других экономически развитых странах  $CO_2$ -процесс при изготовлении литья в песчаные разовые и оболочковые формы за последние годы значительно развился. Увеличилось число литейных цехов, использующих  $CO_2$ -процесс при изготовлении форм и стержней. В США за период 1959—1961 гг. число литейных цехов, применяющих  $CO_2$ -процесс при изготовлении форм, увеличилось с 706 до 822, а стержней — с 1165 до 1448 [257].

**Литье в кокиль и центробежным способом.** Литье в кокиль применяется для значительного числа изделий, изготавливаемых крупными сериями, для которых требуются отливки сравнительно простой конфигурации, т. е. таких, стоимость изготовления кокилей для которых будет сравнительно невелика или будет оправдана многократным его использованием. Кокильное литье широко используется в сельскохозяйственном машиностроении, при производстве кузнечно-прессового оборудования, предметов ширпотреба. Высокого технического уровня достигло литье в кокиль и центробежное цветных сплавов для изготовления отливок деталей самолетов, автомобилей и др.

В ряде случаев, например для чугунных отливок деталей гидроаппаратуры, литье в кокиль является также методом, обеспечивающим необходимое качество продукции.

Изготовление отливок в кокиль вместо песчаных форм дает большой экономический эффект: на 30—40% снижается трудоемкость изготовления отливок, на 15—25% снижается себестоимость отливок, а съём с 1 м<sup>2</sup> формовочно-заливочной площади значительно увеличивается.

На одном из заводов в результате изготовления ряда отливок в кокиль вместо обычных, изготовленных вручную, достигнута значительная экономия, о которой можно судить по данным, приведенным в табл. 57.

Таблица 57

Изменение трудоемкости 1 т отливок при переходе с объемной разовой формы на металлическую

Операция	Трудоемкость в нормочасах	
	Литье в объемные разовые формы	Литье в кокиль
Приготовление формовочной смеси . .	2,6	—
Приготовление стержневой смеси . . . .	1,25	2,1
Изготовление стержней . . . . .	5,8	10,0
Формовка и сборка . . . . .	33,7	11,7
Плавка и заливка . . . . .	7,8	4,0
Выбивка отливок . . . . .	9,5	—
Очистные работы . . . . .	7,5	6,5
Прочие работы . . . . .	18,8	14,8
<b>Всего . . . . .</b>	<b>86,95</b>	<b>49,1</b>

Таблица 58

Трудоемкость изготовления литевой оснастки для отливки шкива диаметром 454 мм в нормочасах

Операция	Способ изготовления	
	Литье в объемных разовых формах	Литье в кокиль
Изготовление модели . . . . .	20	15
Изготовление стержневых ящиков . . . . .	8	30
Отливка металлической формы . . . . .	—	—
Зачистка металлической формы . . . . .	—	4
Ремонт модели . . . . .	6	—
<b>Итого . . . . .</b>	<b>34</b>	<b>49</b>

При определении рентабельности способа литья в кокиль существенное значение имеет трудоемкость изготовления оснастки. Для примерного расчета в табл. 58 приведены сравнительные данные о трудоемкости оснастки для изготовления отливки шкива клиновой передачи в обычных формах и в кокиль. Стойкость деревянных моделей не превышает 80—100 формовок, значит, на каждую отливку, полученную в обычной форме, приходится 0,34 нормочаса, затраченных на изготовление оснастки; стойкость кокиля в среднем не меньше 700 заливок; таким образом, на одну



отливку, полученную способом кокильного литья, приходится 0,07 нормочаса.

Применение литья в кокиль, как правило, приводит к экономии металла. В табл. 59 приведены данные (из опыта Дмитровского завода фрезерных станков), позволяющие сравнить расход металла при изготовлении отливок корпусных деталей горизонтально-фрезерного станка в кокиль и в песчаных разовых формах.

Таблица 59

Сравнительный вес отливок корпусных деталей станков, изготовленных в песчаных разовых формах и в кокиль [111]

Деталь	Вес отливки в кг		Экономия металла в %
	при литье в песчаные формы	при литье в кокиль	
Стол . . . . .	107	86	20,6
Хобот . . . . .	70	56	20
Салазки . . . . .	87	74	15
Всего . . . . .	264	215	18,5

Таблица 60

Соотношение стоимости отливки шпинделя револьверного станка, полученной различными способами при разных величинах партии [111]

Величина партии в шт.	Соотношение стоимости при литье		
	в песчаную форму	в кокиль	центробежным способом
5	1	2	1,5
25	1	1,7	1,3
100	1	1,7	1,1
500	1	1,1	0,8
1000	1	0,8	0,5

Центробежное литье более эффективно благодаря отсутствию стержней и литников. Из данных, приведенных в табл. 60, можно видеть примерные соотношения стоимости отливки шпинделя револьверного станка, полученной разными способами, в зависимости от величины партии (стоимость отливки в обычных песчаных формах принята за единицу). При чистом весе шпинделя револьверного станка 37,5 кг вес ковальной заготовки 112 кг, а отлитой центробежным способом 67 кг.

**Литье по выплавляемым моделям.** Процесс литья по выплавляемым моделям сложен и трудоемок. Тем не менее в ряде случаев этот процесс оказывается наиболее производительным и экономичным. Применение литья по выплавляемым моделям эффективно главным образом при получении изделий из легированных сплавов, трудно поддающихся механической обработке (например, жаростойких), и изделий, имеющих такую конфигурацию, которую нельзя получить другим способом. Очень эффективен этот способ литья в тех случаях, когда с помощью выплавляемых моделей удастся получить целые узлы машин или свести к минимуму

механическую обработку, что резко сокращает общий цикл изготовления.

Применение литья по выплавляемым моделям по сравнению с литьем в песчаные формы обеспечивает снижение веса отливок в среднем на 30—50%; при этом в 3—4 раза уменьшается объем механической обработки, что сокращает потребность в металло-режущем оборудовании.

На рис. 12 представлена диаграмма, позволяющая сравнить эффективность применения заготовок, отлитых по выплавляемым моделям и полученных штамповкой.

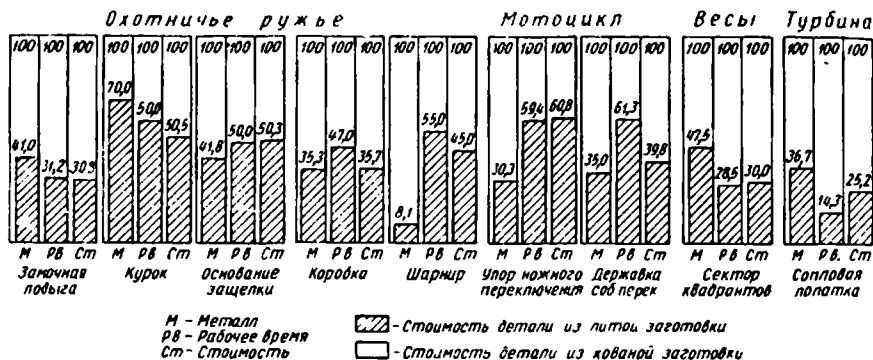


Рис. 12. Диаграмма эффективности литья по выплавляемым моделям

Правильный выбор номенклатуры изделий для изготовления способом литья по выплавляемым моделям может привести к резкому снижению общей стоимости изделия. Так, в производстве охотничьих ружей при переходе на литье деталей семи наименований по выплавляемым моделям экономия металла по сравнению со штампованными заготовками оказалась равной 66%, экономия по стоимости 83%. В общем балансе себестоимости отливок по выплавляемым моделям 22% составляют расходы на материалы, 13% на электроэнергию, 18% расходы на прямую заработную плату и 35% цеховые расходы. Затраты на изготовление и сборку моделей равны 37%, на плавку металла и заливку форм 12%, на выбивку, обрезку и очистку отливок 28% [87].

Большой экономический эффект получен от применения литья по выплавляемым моделям при производстве деталей швейных машин. Изготовление этим способом нижней части капсулы катушки, для чего раньше применялась обточка из прутка, позволило сократить трудоемкость механической обработки на 45%, снизить расход металла с 145 до 50 г, уменьшить отход металла в стружку с 123 до 23 г и т. д. Особенно эффективно применение этого способа литья при изготовлении турбинных лопаток различных типов.

Современный уровень техники позволяет изготавливать способом литья по выплавляемым моделям отливки весом от 1 г до

100 кг с толщиной стенок от 0,15 мм и длиной до 1 м и более. Наиболее часто этим методом изготавливаются отливки весом 50—500 г, длиной до 100 мм, при минимальной толщине стенок отливок из алюминиевых сплавов 0,8 мм, из углеродистых и жароупорных 1,3 мм, при минимальном диаметре литого отверстия 3 мм [102].

Трудоемкость производства отливок способом литья по выплавляемым моделям в значительной степени зависит от величины партии изделий; особенно от этого зависит трудоемкость изготовления моделей (табл. 61).

Таблица 61

Сравнение трудоемкости изготовления выплавляемой модели в зависимости от серийности производства

Показатели	Объем выпуска изделий в шт	
	500	5000
Число моделей в одной прессформе в шт . . . . .	1	6
Время в мин:		
одной операции прессования	2	2
изготовления одной модели . . . . .	2	0,33
изготовления одной прессформы	4800	10 800
изготовления прессформы, отнесенное к одной модели . . . . .	9,6	2,17
Общее время изготовления одной модели в мин . . . . .	11,6	2,5

Для расширения границ экономического применения литья по выплавляемым моделям большое значение имеет снижение стоимости прессформ.

В табл. 62 приведены сравнительные затраты на изготовление прессформ, приходящиеся на 100 моделей в зависимости от серийности производства отливок.

Прессформы по сложности разбиты на три категории: А — простая, состоящая из двух частей без стержней и подвижных элементов; Б — средней сложности с двумя подвижными частями; В — сложная с несколькими подвижными частями. Затраты на изготовление наиболее дешевой прессформы, отлитой из свинцового сплава, приняты за 100 [174].

Для определения целесообразности перехода с механической обработки на литье по выплавляемым моделям, особенно при небольших партиях изготовленных заготовок, можно пользоваться данными, приведенными в табл. 63 [101]. Из данных табл. 63 видно, что с повышением объема производства нижний предел величины экономичных партий отливок сокращается.

## Сравнительные затраты на прессформы

Группа сложности прессформы	Тип прессформы	Затраты на изготовление в условных единицах	Сравнимые затраты, приходящиеся на 100 моделей при выпуске отливок в шт			
			1000	5000	10 000	30 000
А	Литая	100	10	—	—	—
	Металлизованная	112	11,2	2,24	1,12	0,37
	Стальная	540	54	10,8	5,4	1,8
Б	Литая	200	20	—	—	—
	Металлизованная	220	22	4,4	2,2	—
	Стальная	810	81	16,2	8,1	2,7
В	Литая	450	45	—	—	—
	Металлизованная	500	50	10	5	—
	Стальная	2000	200	40	20	6,7

Таблица 63

Наименьшие экономичные партии отливок, получаемых способом литья по выплавляемым моделям, при разных объемах производства

Характер отливок	Объем годового выпуска в т			
	25	50	100	200
	Наименьшая экономичная партия в шт.			
Простые . . . . .	300	280	260	120
Средней сложности . . .	120	90	70	50
Сложные . . . . .	70	60	50	40
Особо сложные . . . . .	40	35	30	25

В отдельных случаях оправдало себя применение литья по выплавляемым моделям и для мелкосерийного производства.

**Литье под давлением.** Этот способ литья применяется для изготовления точных фасонных отливок, например деталей оптических и других точных приборов, электроаппаратуры, самолетов, автомашин, бытовых изделий и т. д. За последние годы в нашей промышленности литье под давлением широко используется для получения изделий из цинковых, алюминиевых, магниевых сплавов и сплавов на медной основе.

Применение литья под давлением улучшает технико-экономические показатели производства отливок (деталей) из цветных сплавов не только по сравнению с литьем в песчаные формы, но и

по сравнению с литьем в кокиль. Экономия металла благодаря повышению точности изготовления отливок по сравнению с литьем в песчаные формы достигает 50%, а по сравнению с литьем в кокиль 30%. Трудоемкость изготовления отливок снижается до 5 раз по сравнению с литьем в песчаные формы и до 2 раз по сравнению с литьем в кокиль.

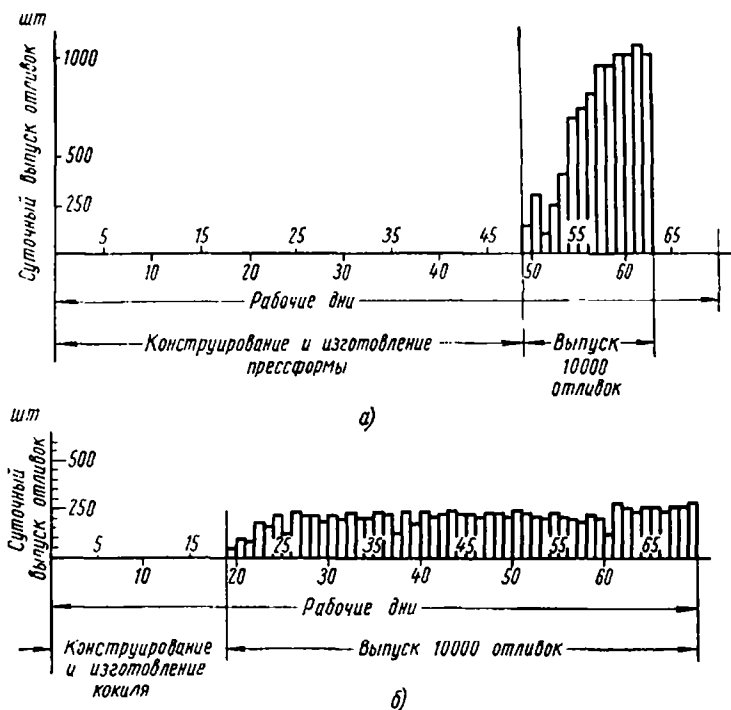


Рис. 13. Циклограммы изготовления отливок карбюраторов:  
 а — литье под давлением, б — литье в металлические формы

В настоящее время этот способ используют для литья ряда крупных деталей, в том числе блоков цилиндров двигателей автомобиля. Несмотря на большую производительность процесса и получение заготовки, близкой по форме к изделию, применение литья под давлением ограничивается высокой стоимостью оснастки, а иногда и длительностью цикла подготовки производства.

На рис. 13 показано, как общий цикл изготовления партии отливок в зависимости от величины партии и относительной трудоемкости оснастки влияет на выбор процесса.

Зависимость себестоимости отливок, полученных при литье в кокиль и под давлением, от объема выпуска приведена на рис. 14.

Экономичность процесса литья под давлением по сравнению с литьем в обычные песчаные формы с учетом механической обработки может быть рассчитана по количеству отливок  $X$ , которые надлежит изготовить на прессформе, составляющей главную долю затрат:

$$X \geq \frac{A_1 + B_1 - A_2 - B_2}{C_1 + D_1 - C_2 - D_2},$$

где  $A_1$  — стоимость прессформы, например 2500 руб.;

$B_1$  — стоимость приспособлений для механической обработки отливок, полученных литьем под давлением,

например 360 руб.;

$A_2$  — стоимость модельной оснастки при обычном литье в песчаную форму, например 900 руб.;

$B_2$  — стоимость приспособлений для механической обработки отливок, полученных литьем в песчаную форму, например 1750 руб.;

$C_1$  — стоимость отливки, полученной литьем в обычную форму, например 0,048 руб.;

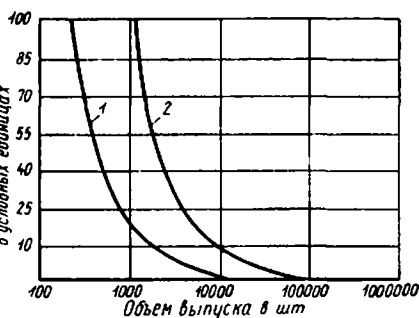


Рис. 14. График себестоимости литья в кокиль и под давлением в зависимости от объема выпуска:

1 — литье в металлические формы; 2 — литье под давлением

$D_1$  — стоимость механической обработки этой отливки, например 0,62 руб.;

$C_2$  — стоимость отливки, полученной литьем под давлением, например 0,035 руб.;

$D_2$  — стоимость механической обработки этой отливки, например 0,18 руб.

Подставив в приведенную выше формулу цифровые значения, получим

$$X \geq \frac{2500 + 900 - 360 - 175}{0,048 + 0,62 - 0,035 - 0,18} = 2850 \text{ шт.}$$

Схема, показывающая влияние серийности производимых отливок на себестоимость их изготовления, показана на рис. 15 [154]. Так как литье под давлением применяется в основном для получения отливок из цветных сплавов, для уточнения области его эффективного использования и облегчения выбора рационального способа литья при изготовлении отливок из алюминиевых сплавов можно пользоваться диаграммой, приведенной на рис. 16. На этом рисунке нанесены границы экономичного применения

литься в металлические формы и разных вариантов литья в объемные песчаные формы <sup>1</sup>.

Определение группы сложности производится по табл. 64, в которой условно установлено шесть основных признаков, характеризующих фасонную отливку из алюминиевого или магниевое сплава. Если рассматриваемая отливка характеризуется дополнительным признаком, не предусмотренным в таблице, но оказывающим влияние на сложность, то группа сложности после определения табличных данных соответственно корректируется.

В табл. 65 отмечено совпадение признаков сложности отливки со значениями, указанными в табл. 64. Из табл. 65 следует, что отливка по наибольшему числу совпадений может быть отнесена к V группе сложности. По диаграмме (рис. 16) находим, что изготовление этой отливки способом литья под давлением экономичнее.

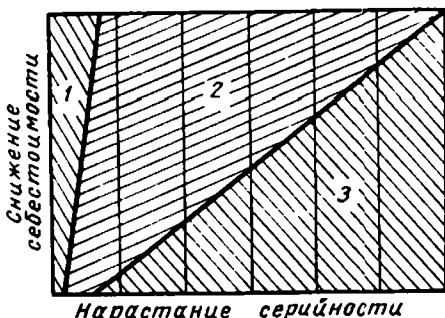


Рис. 15. Изменение себестоимости отливок в зависимости от нарастания серийности выпуска:  
1 — литье в песчаные формы; 2 — литье в кокиль; 3 — литье под давлением

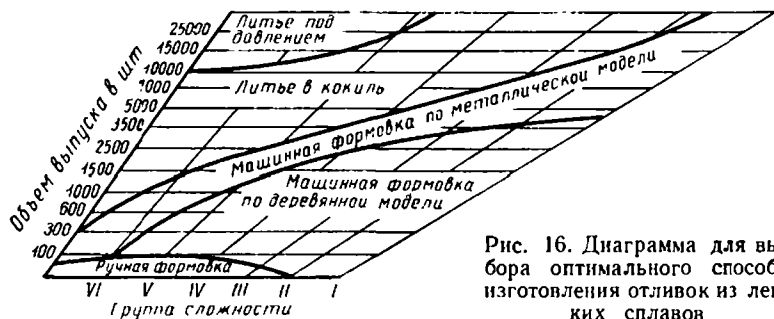


Рис. 16. Диаграмма для выбора оптимального способа изготовления отливок из легких сплавов

чески целесообразно при размере партии более 10 000 шт. При меньшем размере партии выгоднее следующие способы литья.

Способ литья	Размер партии в шт.
В кокиль . . . . .	2500—10 000
В песчаные формы с машинной формовкой по металлическим моделям . . . . .	1300—2500
В песчаные формы с машинной формовкой по деревянным моделям . . . . .	100—1300
В песчаные формы с ручной формовкой . . . . .	До 100

<sup>1</sup> Опубликовано А. А. Дудиним [36] с разрешения инж. Н. Н. Зверева.

Группы сложности фасонных отливок из алюминиевых и магниевых сплавов [36]

Основные признаки сложности отливок	Группа сложности отливки					
	I	II	III	IV	V	VI
Вес отливки в кг: из алюминиевых сплавов из магниевых сплавов	Свыше 30 » 20	Свыше 15 » 10	Свыше 8 » 5	Менее 30 » 20	Менее 15 » 10	Менее 8 » 8
Максимальный габаритный размер в мм	400—1000	400—1000	250—1000	100—400	Менее 200	Менее 100
Минимальная толщина стенок в мм	4,5—7	4,5—6	4—6	1,5—5	Не ограничивается	Не ограничивается
Количество размеров, определяющих отливку	Свыше 200	150—200	100—150	Менее 100	Менее 100	Менее 100
Количество стержней, необходимых для изготовления отливки	Свыше 15	Свыше 10	Свыше 10	Менее 8	Менее 5	Менее 3

П р и м е ч а н и е. Определение группы сложности по этой таблице приводится путем подсчета количества признаков сложности отливки, совпадающих с таблицными



## Пример определения группы сложности

Основные признаки сложности отливки	Группа сложности отливки					
	I	II	III	IV	V	VI
Вес отливки 1,8 кг . . . . .	—	—	—	+	+	+
Максимальный габаритный размер 134 мм . . . . .	—	—	—	+	+	—
Минимальная толщина стенок 3—4 мм . . . . .	—	—	—	—	+	+
Количество размеров, определяющих отливку, 87 . . . . .	—	—	—	+	+	+
Количество стержней, оформляющих внутренние полости отливки, 4 шт. . . . .	—	—	—	+	+	—
<b>Итого . . . . .</b>	<b>—</b>	<b>—</b>	<b>—</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>3</b>

Необходимо учитывать, что применение нормализации форм для литья под давлением делает рациональным их изготовление при значительно меньших заказах и сокращает затраты на подготовку производства на 20—30%.

## ТИПОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЛИТЕЙНЫХ ЦЕХОВ

## 1. КОМПЛЕКСНОЕ ТИПОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ

Основы теории проектирования литейных цехов начали складываться в СССР в 40—50-х годах. Они явились обобщением труда большого числа специалистов и отвечали условиям развития промышленности последних предвоенных лет и послевоенного периода. В конце 50-х годов были изменены и приведены в соответствие с задачами специализации литейного производства ранее сложившиеся методы проектирования литейных цехов.

Резкие изменения практики проектирования продиктованы переходом от разработки проектов и строительства мелких и средних литейных цехов к проектированию и строительству крупных специализированных цехов и заводов; отказом от составления индивидуальных проектов каждого литейного цеха и переходом к строительству цехов и заводов по типовым проектам; переходом от проектирования цехов с частичной и некомплексной механизацией (особенно при мелкосерийном характере производства) к комплексно механизированным цехам поточного производства с рядом автоматизированных процессов.

О том, насколько эти направления проектирования литейных цехов отличаются от предыдущей практики, можно судить по тому, что 85% чугунолитейных цехов заводов металлорежущих и деревообрабатывающих станков, строительного-дорожных машин, кузнечно-прессового и металлургического оборудования, продовольственного машиностроения и т. д., проектировавшихся в послевоенное время, не превосходил по мощности 10 000—12 000 *т/год*, а 60% цехов имели мощность до 5000 *т/год*. Между тем из числа чугунолитейных цехов аналогичного профиля, строящихся и намеченных к новому строительству, нет ни одного с годовым выпуском ниже 20 000 *т*. Средняя проектная мощность цеха к 1970 г. увеличится более чем в 5 раз.

Несколько большей мощности проектировались фасонно-сталелитейные цехи: до 3000 *т/год* 16%, 3000—5000 *т/год* 14%, 5000—15 000 *т/год* 23%, 15 000—30 000 *т/год* 32%, свыше

30 000 *m/год* 15%. Однако и при проектировании этих цехов оптимальные масштабы производства не учитывались [178].

В каждом из проектировавшихся цехов предусматривалась возможность изготовления отливок значительного числа развесов, не увязывавшаяся с оптимальным объемом производства. Характер распределения отливок по весовым группам в сочетании с ограниченной мощностью цехов исключал, как правило, условия для эффективной организации и механизации производства, особенно при изготовлении крупных отливок, и делал невозможным осуществление специализированных потоков. Проектировавшиеся крупные литейные цехи относились преимущественно к цехам с крупносерийным характером производства. Утвержденные в конце 50-х годов и доведенные до рабочих чертежей типовые проекты чугунолитейных цехов мощностью 5000—7000 и 10 000—15 000 *m* с мелкосерийным и единичным характером производства отражали направление развития промышленности. Планировки типовых цехов на 5000 и 10 000 *m/год* приведены на рис. 17 и 18 [114]. В цехи включены склад шихты и формовочных материалов, смесеприготовительное отделение, стержневое отделение, формовочное отделение, плавильное отделение, операционный склад моделей, отделение цветного литья, ремонтно-механический цех, бытовые помещения. По каждому из этих проектов построено лишь по одному цеху: в Минске, на заводе автоматических линий, мощностью 10 000—15 000 *m*, и в Барнауле, на заводе прессов, мощностью 5000—7000 *m*. Между тем по типовым проектам, разработанным в соответствии с излагаемым методом, строятся и в ближайшие годы должно быть построено несколько десятков специализированных литейных цехов и заводов.

Вытекающее из указанных изменений рациональное решение задачи строительства литейных цехов, намеченных в результате исследования развития специализации литейного производства, может быть достигнуто применением метода комплексного типового проектирования.

Сущность метода комплексного типового проектирования сводится к тому, чтобы на основе изложенных выше направлений развития специализации изготовления отливок, а также изучения потребности;

а) разработать ряд оптимальных типовых мощностей специализированных литейных цехов;

б) установить путем анализа условий развития литейного производства очередность строительства и соответственно номенклатуру первоочередных типовых проектов и сроки их выполнения;

в) составить основные положения по разработке всех частей типовых проектов различных литейных цехов, причем при разработке технологической части главное внимание должно быть уделено внедрению типовых технологических процессов;



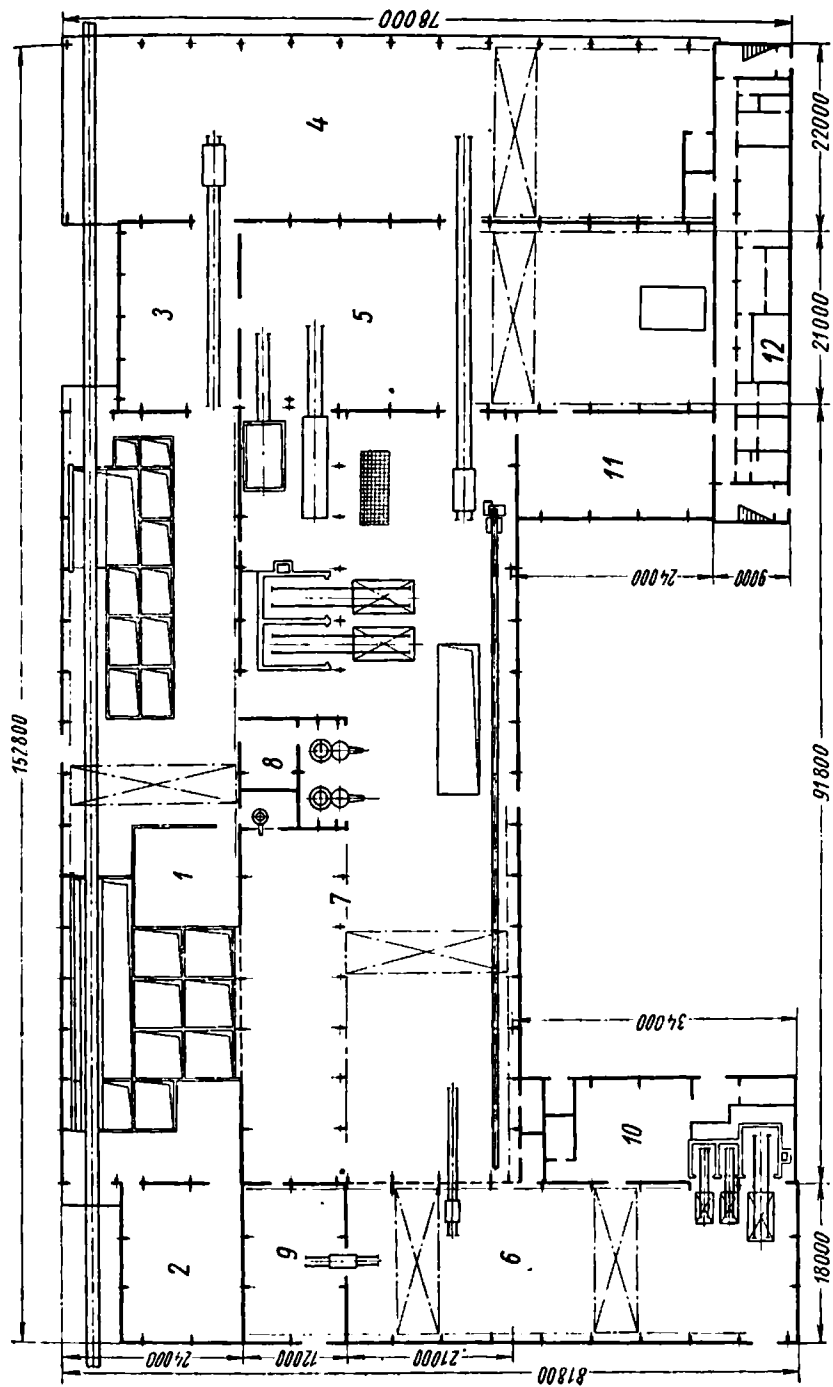


Рис. 18. План типового чугунолитейного цеха мощностью 10 000—15 000 т/год (позиции те же, что и на рис. 17)

г) осуществлять координацию проектирования, чтобы обеспечить единство главных технических решений и своевременное конструирование и изготовление опытных образцов нового технологического и транспортного оборудования;

д) разработать типовые проекты с учетом условий их применения;

е) осуществлять в каждом конкретном случае проектирования лишь привязку типовых проектов.

## **2. ТИПОВЫЕ ОПТИМАЛЬНЫЕ МОЩНОСТИ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ ЛИТЕЙНЫХ ЦЕХОВ**

Одним из важнейших понятий в комплексном типовом проектировании является понятие оптимальной мощности.

Под оптимальной мощностью цеха понимают такой объем выпускаемой продукции в количественном и номенклатурном выражении за определенный отрезок времени, который позволяет сочетать наилучшие технико-экономические показатели с эффективным использованием капитальных вложений, обусловленных применением прогрессивной технологии и комплексной механизации и автоматизации технологического процесса.

Разработанный и утвержденный ряд таких типовых оптимальных мощностей специализированных литейных цехов представлен в табл. 66.

Расчет величины оптимальной мощности может производиться двумя методами: технико-расчетным и расчетно-статистическим. Так как при организации комплексно механизированного поточного производства литейный конвейер определяет ритм работы цеха и характеризует требования, предъявляемые к остальным производственным участкам цеха, то размеры типовых мощностей определены технико-расчетным методом, т. е. на основании расчета оптимальных масштабов производства, исходя из условий создания комплексно-механизированного поточного изготовления групп отливок, объединенных по предметному или технологическому признаку в соответствии с изложенными выше основными направлениями специализации.

Расчетно-статистический метод, основанный на применении технико-экономических показателей (производительности труда, себестоимости 1 *t* отливок, удельных капитальных вложений и др.), выявленных статистическим путем на основании анализа ряда наиболее прогрессивных современных проектов, более целесообразен как проверочный, для подтверждения результатов, полученных по первому методу [86]. Ряд типовых мощностей построен в значительной мере на обобщении результатов работ отраслевых проектных институтов. При его составлении учитывался уровень применяемых в производстве отливок, технических средств, допускающих типизацию. При изменении этого уровня ряд подлежит, естественно, корректировке.

Типовые мощности специализированных литейных цехов (124)

№ попор.	Профиль специализации литейных цехов	Материал отливок	Процесс (изделие)	Вес отливка в кг диаметр в мм	Мощность в тыс. т/год <sup>1</sup>
1 2 3	Изготовление отливок специальными способами литья	Чугун	Литье в оболочковые формы	До 15	5—7
» 25				10—15	
4 5		Сталь	Литье по выплавляемым моделям	До 2,5	2—3
» 5,0				4—5	
6	Цветные сплавы (легкие)	Литье в кокиль и центробежным способом	—	10—12	
7 8			Литье под давлением	—	2—3 12—15
9	Изготовление отливок специальных видов	Чугун		Санитарно-технические отливки, ванны, раковины	—
10			Радиаторы отопительные, котлы	—	60
11 12 13			Трубы диаметром в мм	50—150	60
200—300				100	
350—1000			160		
14 15	Изложницы	—	130		
—		250			
16	Изготовление отливок для изделий машиностроительных предприятий с массовым и крупносерийным характером производства	Чугун	Кольца поршневые	—	10
17 18 19			Детали автотракторные	До 100	50—60
» 200		80—100			
» 500		120—150			
20	Ковкий чугун	Детали автотракторные	До 25	25—60	
21 22 23	Сталь	Детали автотракторные, вагонные и пр.	До 100	50—60	
» 200			80—100		
» 500	120—150				

<sup>1</sup> Мощности уточняются соответственно конкретному назначению цеха и производительности примененных процессов и агрегатов.

№ по пор.	Профиль специализации литейных цехов	Материал отливок	Процесс (изделие)	Вес отливки в кг диаметр в мм	Мощность в тыс. т/год <sup>1</sup>		
24	Изготовление отливок для изделий машиностроительных предприятий с серийным и мелкосерийным характером производства	Чугун	Детали насосов, станков, компрессоров, строительных машин, металлургического и энергетического оборудования	До 100	15—20		
25				До 1000	20—25		
26				До 5000	30—35		
27				До 20 000	70—80 *		
28				До 50 000	80—100		
29				Сталь		До 1000	20—25
30						> 5000	30—35
31						До 20 000	60—70 *
32						До 50 000	80—100 *
33						Металлургическая оснастка	До 10 000

\* Блоки цехов (состоящие из нескольких специализированных потоков цехов).

Мощности мелкосерийных цехов литья в оболочковые формы, предназначенные для получения различных деталей машин, рассчитаны исходя из организации поточных линий для отливки с одинаковой технологией изготовления. Этот расчет приведен в табл. 67; выполнен он по формуле для расчета мощности конвейера:

$$Q = \frac{PLTk}{H \cdot 100},$$

где  $Q$  — мощность конвейера в  $t$ ;  
 $P$  — металлоемкость формы в кг годных отливок;  
 $L$  — длина ветки конвейера для остывания формы в  $m$ ;  
 $T$  — номинальный фонд рабочего времени;  
 $k$  — коэффициент использования конвейера;  
 $l$  — шаг тележек конвейера в  $m$ ;  
 $t$  — время остывания формы в  $ч$ .

Путем аналогичных расчетов можно обосновать нижний экономический предел мощностей литейных цехов и других специальных способов литья (по выплавляемым моделям, под давлением и др.). Так, по данным расчета номинальная мощность одной комплексной линии литья по выплавляемым моделям составляет 1000—1200  $t/год$ .



Расчет мощности специализированных потоков изготовления отливок способом литья в оболочковые формы

Показатели	Характеристики потока	
	Мелкие отливки весом до 25 кг	Средние отливки весом 25—100 кг
Грузоподъемность конвейера (примерная) в кг . . . . .	До 500	До 2000
Исходные данные для расчета:		
$P$ в кг . . . . .	12—16	40—50
$L$ в м . . . . .	50	80
$T$ в ч . . . . .	3910	3910
$k$ . . . . .	0,94	0,94
$l$ в м . . . . .	1	1,6
$l$ в ч . . . . .	0,5	0,8
Формула расчета . . . . .	$(12 \div 16) 50 \cdot 3900 \cdot 0,94$	$(40 \div 50) 80 \cdot 3910 \cdot 0,94$
	1·0,5·100	1,6·0,9·100
Годовая мощность конвейера в тыс. т . . . . .	5—6	10—12

Типовые мощности цехов для литья санитарно-технических изделий определены исходя из производительности поточных линий для изготовления отопительных радиаторов и котлов, ванн, раковин. Кроме того, учитывается и комплектность изделий, т. е. пропорциональное соотношение выпуска отопительных радиаторов и котлов.

Годовая мощность конвейерной линии изготовления чугунных радиаторов составляет с учетом требований рациональной организации производства  $\sim 1,5$  млн. экм. Такая мощность обеспечивает тот минимальный объем производства, при котором возникают предпосылки для высокой эффективности процесса. Анализ показывает, что дублирование линий не создает резкого прироста эффективности и в то же время иногда требует расширения кооперации и дополнительных перевозок. Кроме того, такое дублирование ограничивается типизацией строительных конструкций и созданием необходимых санитарно-гигиенических условий труда (см. гл. V).

Оптимальная мощность цехов для производства литых отопительных котлов  $300\,000\text{ м}^2$  с учетом производительности одной технологической линии. Для обеспечения рационального использования основного технологического оборудования и производственных площадей в одном литейном цехе целесообразно объединить производство радиаторов с выпуском 1,5 млн. экм и котлов с выпуском  $300\,000\text{ м}^2$ . При этом общая мощность радиаторно-

котельного литейного цеха, принимаемая за типовую, составит 60 000 *t* годных отливок в год.

Соответственно типовая мощность цеха 20 000 *t* отливок для предметов санитарно-технических устройств рассчитана на производство 120 000 ванн и 240 000 раковин в год.

Типовые мощности литейных цехов для изготовления изложниц и металлургического припаса соответствуют типовым мощностям металлургических заводов. В цехе производительностью 130 000 *t* поддоны составляют 14 000 *t*, крышки 3 000 *t*, остальное приходится на изложницы; в цехе производительностью 250 000 *t* — соответственно 25 000 и 5000 *t* поддонов и крышек, остальное — изложницы, 50—60% которых весят свыше 10 *t*.

Из аналогичных соображений, учитывая, что потребности металлургических заводов обеспечивают организацию специализированного производства для них отливок в достаточном масштабе, за типовую мощность цеха стального литья металлургической оснастки принимается 50 000—60 000 *t*; вес отливок до 10 *t*.

Типовые мощности литейных цехов, выпускающих отливки для продукции машиностроительных предприятий с массовым и крупносерийным характером производства (детали автомобилей, тракторов, сельскохозяйственных машин), выбраны с учетом мощностей отдельных конвейерных потоков, объединяющих отливки, изготовление которых специализируется по групповому предметному признаку. В зависимости от числа конвейеров определяется и мощность цеха.

Число конвейеров . . . . .	2	3	4	5	7
Годовая мощность цеха, изготовляющего отливки в тыс. <i>t</i> :					
из серого чугуна . . . . .	30	50	70	90	120
из ковкого чугуна . . . . .	25	40	50	70	100
из стали . . . . .	20	30	45	60	80

В число типизируемых мощностей литейных цехов включены те, по которым намечена наибольшая повторяемость объектов строительства.

Сопоставление подобных расчетов, выполненных в 1937—1938 гг. показывает, что производительность поточных линий, принимаемая за оптимальную, значительно выросла за истекший период. Так, мощность трех конвейеров (одного опочного и двух безопочных) при весе отливок 0,5—50 кг определялась в то время равной только 13 000—15 000 *t/год*, а мощность пяти конвейеров (двух опочных и трех безопочных) при весе отливок до 100 кг была соответственно 25 000—30 000 *t* [20]. Это является прямым следствием технического прогресса — повышения производительности технологических процессов и применения более совершенных средств механизации и автоматизации.

Типовые мощности литейных цехов мелкосерийного и единичного производства, выпускающих заготовки различных деталей

станков, прессов, турбин и т. д., определены с учетом возможности построения в этих цехах поточных линий, специализированных по признаку технологической общности процессов.

Для организации производственных конвейерных потоков отливки этого назначения дифференцируются примерно по следующим весовым группам с учетом принципа специализации по признаку общности технологических параметров: до 100 кг — поток мелких отливок, 100—1000 кг — поток средних отливок, 1000—5000 кг — поток крупных отливок (табл. 68).

Таблица 68

Расчет мощности специализированных потоков  
мелкосерийных чугунолитейных цехов

Показатели	Характеристика потока		
	Мелкие отливки весом до 100 кг	Средние отливки весом 100—1000 кг	Крупные отливки весом 1000—5000 кг
Грузоподъемность конвейера (примерная) в т . . .	До 2	4—8	Тяжелый транспортный конвейер толкающего типа
Исходные данные расчета:			
<i>P</i> в кг . . . . .	30—40	240—330	1500—2000
<i>L</i> в м . . . . .	70	80	80
<i>T</i> в ч . . . . .	3910	3910	3910
<i>k</i> . . . . .	0,9	0,9	0,9
<i>l</i> в м . . . . .	1,6	2,5	3,6
<i>l</i> в ч . . . . .	0,65	3	10*
Формула расчета	$(30 \div 40) 70 \cdot 3910 \cdot 0,9$ 1,6 · 0,65 · 1000	$(240 \div 330) 80 \cdot 3910 \cdot 0,9$ 2,5 · 3 · 1000	$(1500 \div 2000) 80 \cdot 3910 \cdot 0,9$ 3,6 · 10 · 1000
Годовая мощность конвейера в тыс. т . . . . .	8—10	10—15	10—15

\* Цикл охлаждения может быть организован с помощью параллельных ветвей.

Оптимальную мощность каждого из потоков можно рассчитать по формуле для определения мощности конвейера.

Метод типизации литейных цехов данного профиля специализации состоит в том, чтобы, сохраняя целостность специализированных технологических потоков, применять указанные выше весовые группы отливок в должных сочетаниях.

В результате расчета, приведенного в табл. 68, устанавливается следующий возможный ряд мощностей чугуно- и сталелитейных специализированных цехов мелкосерийного производства

Наибольший вес отливки в т . . .	0,1	1	5
Число потоков (конвейеров)	2 малых	1 малый + + 1 средний	1 малый + + 1 средний + + 1 крупный
Мощность в тыс. т/год . . . . .	15—20	20—25	30—35

Масштаб выпуска отливок весом более 5 т, характеризующий производство как специализированное, определяется достаточной степенью использования мощных грузоподъемных средств, плавильных агрегатов, пескометных и других машин. В соответствии с технологическими особенностями изготовления тяжелых отливок приняты два верхних предела веса: 20 и 50 т.

Масштабы типовых цехов (цехов типовой мощности) должны обеспечить такое сочетание профиля специализации с объемом выпуска, которое даст наиболее высокие технико-экономические

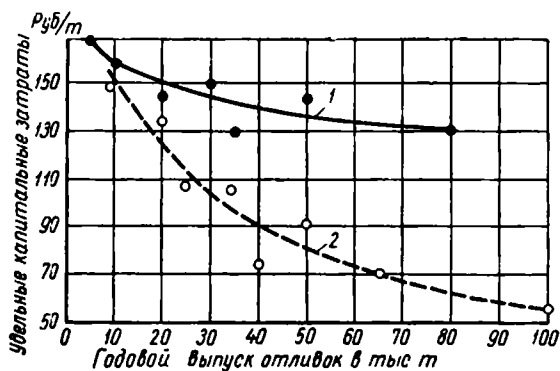


Рис. 19. Диаграмма изменения удельных капитальных затрат в зависимости от масштаба литейного производства:

1 — мелкосерийное производство; 2 — крупносерийное производство

показатели. В этом отношении результаты приведенных расчетов должны быть оценены с точки зрения технико-экономической целесообразности объединения в типовом цехе того или иного числа соответственно специализированных потоков.

Для оценки влияния масштаба выпуска цехов на их экономичность на двух диаграммах (рис. 19 и 20) показаны полученные исследованием кривые изменения эффективности капитальных затрат и достигаемых технико-экономических показателей (производительность труда и себестоимость продукции) для наиболее развитых направлений специализации: крупно- и мелкосерийного производства. Из диаграмм следует, что рост эффективности, начиная с какого-то определенного масштаба производства, замедляется и дальнейшее увеличение объема выпуска, т. е. большая концентрация изготовления отливок, становится экономически неоправданной. Более того, если при росте крупносерийного производства эффективность его, хотя и замедленно, но продолжает повышаться, то в условиях мелкосерийного производства увеличение номенклатуры отливок (и без того составляющей много

наименований) способно вызвать снижение эффективности. По зарубежным данным, в условиях мелкосерийного производства имеют место зависимости, приведенные на рис. 21. Оптимальный масштаб выпуска цеха соответствует значению  $X$  [196].

О том, как меняются не только общие затраты, приходящиеся на 1 т мощности литейных цехов (удельные), но и их структурные составляющие, видно из сопоставления данных об удельных затратах на строительство чугунолитейных цехов мелкосерийного производства (на станкостроительных заводах) мощностью 5000, 10 000, 20 000 и 40 000 т/год, приведенных в табл. 69.

Из сказанного выше следует, что за оптимальную мощность литейных цехов целесообразно принимать ту минимальную мощность или соответственно ту минимальную концентрацию специализированных потоков, которая создаст возможность организации эффективного производства при предусматриваемом уровне техники. При этом следует снова подчеркнуть, что оптимальная мощность является величиной условной, отвечающей данному уровню техники; с повышением последнего она способна меняться.

Оптимальные мощности цехов определены в соответствии с уровнем техники, отвечающим разработанным направлениям специализации. Эти мощности кардинально отличаются своими параметрами от соответствующих классификаций, отвечавших прежним задачам промышленного строительства. На рис. 22 типовые мощности ряда сопоставлены в логарифмических ординатах

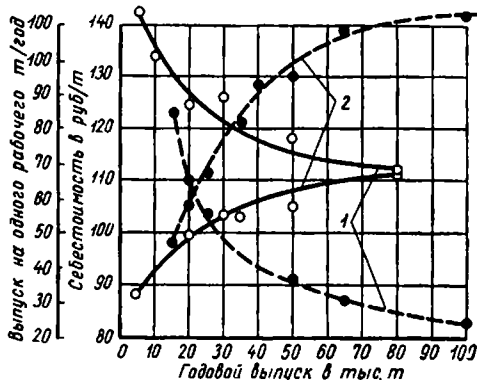


Рис. 20. Диаграмма изменения технико-экономических показателей литейных цехов различного масштаба:

— — крупносерийное производство;  
 — мелкосерийное производство; 1 — себестоимость 1 т отливок; 2 — выпуск отливок одного рабочего

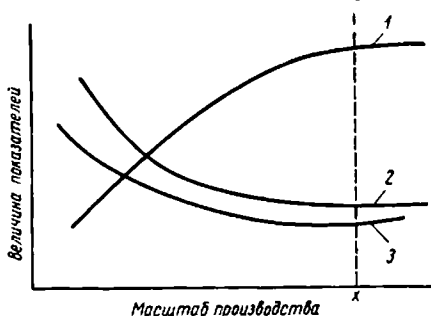


Рис. 21. График зависимости технико-экономической эффективности мелкосерийного литейного производства от его масштаба:

1 — производительность труда; 2 — капитальные затраты; 3 — себестоимость

параметрами от соответствующих классификаций, отвечавших прежним задачам промышленного строительства. На рис. 22 типовые мощности ряда сопоставлены в логарифмических ординатах

## Удельные затраты на 1 т годовой мощности в руб.

Затраты	Годовая мощность в т			
	5000	10 000	20 000	40 000
Всего . . . . .	170	155	145	140
В том числе:				
на строительные работы . . . . .	64	61	56	53
на санитарно-технические работы	13	10	8	7
на специальные сооружения (в том числе печи) . . . . .	20	17	15	14
на оборудование и его монтаж . . . . .	67	57	54	53

с классификацией, разработанной в 40-х годах проф. Л. И. Фанталовым [99].

В зарубежной практике оптимальные мощности цехов рассматриваются исключительно как функция прибыльности, и поэтому они могут изменяться в зависимости от сбытовых цен на отливки. Используемый в этом случае для определения границ

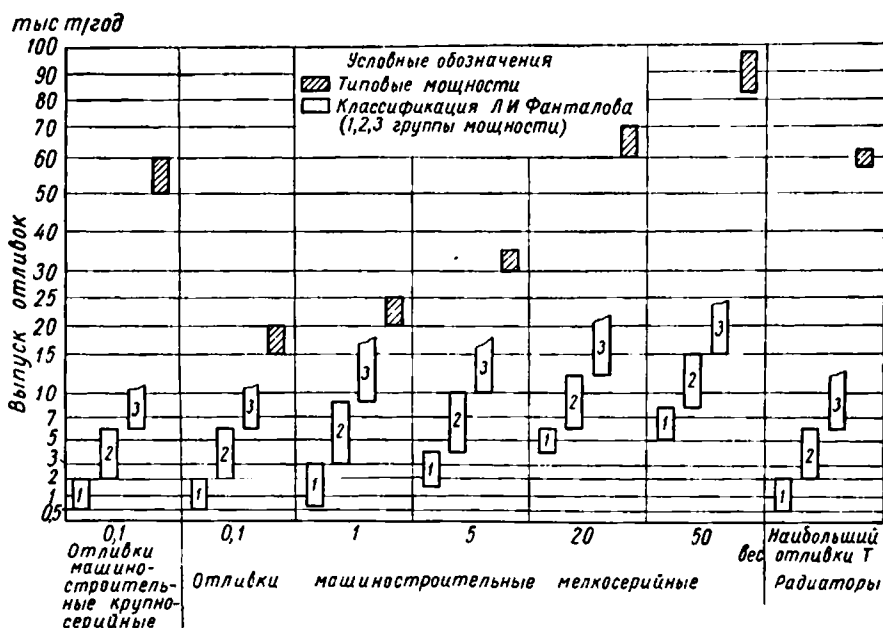


Рис. 22. Схема сравнения типовых мощностей чугуно- и сталелитейных цехов

рентабельности график приведен на рис. 23. В постоянные расходы включены проценты на капитал, заработная плата служащих, амортизация и пр.; в переменные затраты, растущие пропорционально объему выпуска, — стоимость материалов, прямая заработная плата. Определяя сумму указанных затрат при нормальном и нулевом производстве, получают линию суммарных расходов. На этот же график наносят линию, характеризующую сбытовую стоимость. Точка пересечения этих линий определяет минимальный объем рентабельного производства, ниже которого производство становится убыточным [231].

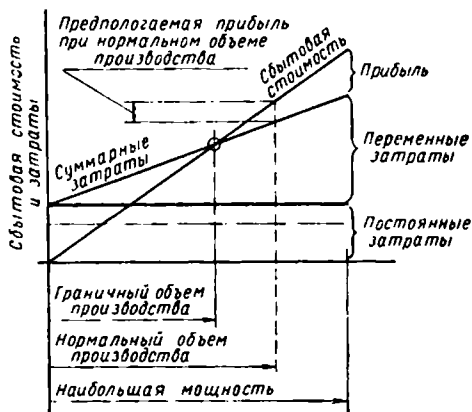


Рис. 23. График границ рентабельности производства отливок

### 3. МЕТОД ТИПОВОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Типовое проектирование как метод вытекает из основных положений планового ведения народного хозяйства и позволяет рационально подойти к созданию наиболее прогрессивных экономичных литейных цехов.

Первые работы по созданию типовых проектов чугунолитейных цехов, несмотря на качественное отличие требований, выдвигаемых излагаемым комплексным методом, позволяют сделать ряд выводов.

Во-первых, анализ номенклатуры отливок даже разных отраслей машиностроения, но одинакового профиля специализации, разрешает установить возможность унификации программ. Так, при составлении программы для типового цеха мощностью 5000 т/год выявились соотношения весовых групп отливок, приведенные в табл. 70 [114].

Во-вторых, анализ ряда заводских площадок позволил опровергнуть мнение о невозможности, как правило, использовать типовые проекты литейных цехов для строительства на конкретных, не рассчитывавшихся ранее для них площадках. На рис. 24 и 25 приведены примеры схем первых типовых цехов мощностью 5000 и 10 000 т/год на заводах шлифовальных станков, гидравлических и механических прессов, кузнечных молотов, где ранее они не предусматривались (типовые цехи заштрихованы, а ранее намечавшиеся показаны пунктиром). Кроме того, установлена возможность исходить при проектировании из ряда условий,

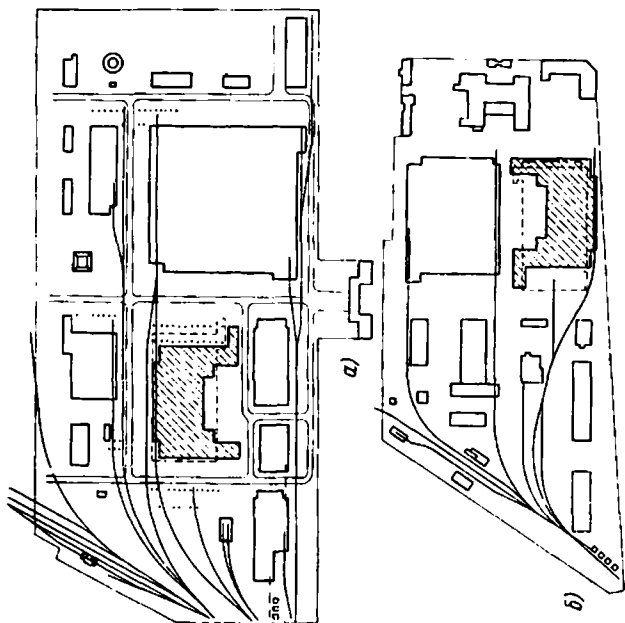


Рис. 25. Схема размещения типового литейного цеха с годовым выпуском 10 000 т на генеральных планах заводов:

а — тяжелых механических прессов; б — кузнечных молотов

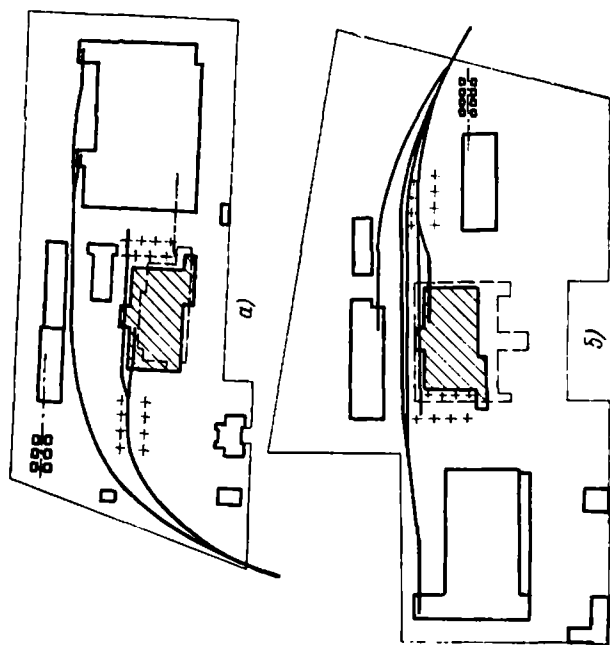


Рис. 24. Схема размещения типового литейного цеха с годовым выпуском 5000 т на генеральных планах заводов:

а — шлифовальных станков; б — гидравлических прессов



Распределение годового выпуска отливок по весовым группам в %

Завод	Годовой вы- пуск отли- вок в т	Вес наиболь- шей отливки в т	Вес отливок в т				
			До 0,1	0,1—0,5	0,5—1	1—5	5—10
Внутришлифовальных стан- ков . . . . .	5000	7	25	20	25	25	5
Штамповочных гидравли- ческих прессов . . . . .	2800	10	18	15	7	40	20
Автоматических линий . . . . .	4700	7	18	25	27	25	5
Тяжелого машиностроения	5000	10	30	25	20	15	10

Таблица 71

Изменение мощности и технико-экономических показателей типовых литейных цехов в зависимости от рода изделий и типа производства

Показатели	Род изделий					
	Станки специальные, тяжелые дизели, крупные турбины паровые (единичное производство)		Станки расточные, фрезерные, шлифовальные, оборудование металлургическое (мелкосерийное производство)		Прессы, молоты, краны, котлы, оборудование металлургическое (серийное производство)	
	Цех I	Цех II	Цех I	Цех II	Цех I	Цех II
Годовой выпуск отливок в т . . . . .	5000	10 000	6000	12 000	7000	14 000
Съем с 1 м <sup>2</sup> общей площади в т/год . . . . .	1,05	1,18	1,26	1,42	1,47	1,64
Выработка на одного рабоче- го в т/год . . . . .	33,5	35,9	40,0	43,1	46,8	50,2
Капитальные затраты на 1 т годового выпуска отливок в руб. . . . .	171	155	140	130	120	110
Себестоимости 1 т чугу- нных отливок в руб. . . . .	143	134	132	124	124	116

позволяющих осуществлять строительство цехов при различных грунтах, уровнях воды и внешних температурах, используя с незначительными коррективами один и тот же типовой проект.

В-третьих, установлено, что мощность типовых литейных цехов способна колебаться в довольно широких пределах в зависимости от номенклатуры отливок, объема их выпуска и технологической сложности. Так, например, объемный вес станкостроительных отливок не превышает 0,9—1,1 кг/дм<sup>3</sup>, между тем для отливок металлургического оборудования и кузнечно-прессовых машин он составляет 1,8—2 кг/дм<sup>3</sup>. Естественно, что с увеличением

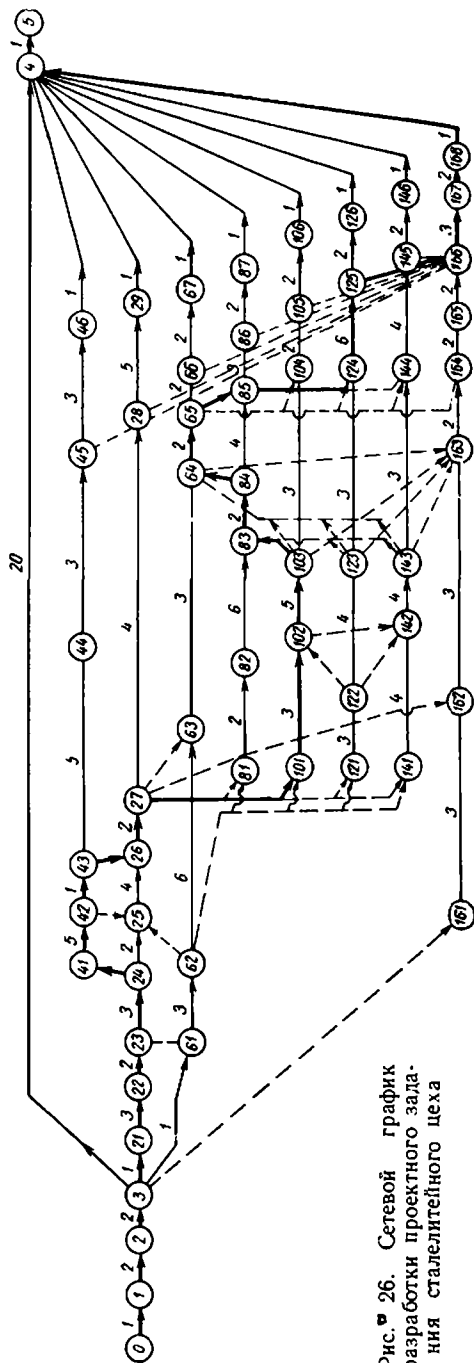


Рис. 26. Сетевой график разработки проектного задания сталелитейного цеха

массовости отливок растет и выпуск цеха. В табл. 71 показано изменение мощности и технико-экономических показателей типовых цехов с выпуском 5000 (цех I) и 10 000 т/год (цех II).

В-четвертых, практика осуществления указанных двух типовых цехов убедительно доказала, что более глубокая комплексная проработка типовых проектов по сравнению с обычными сводит к минимуму ошибки и недостатки в проектной документации и обеспечивает быстрое строительство новых цехов и освоение их мощностей.

Следует отметить, что опыт создания литейных цехов по первым типовым проектам показал возможность ускорения строительства цехов, повышения его экономичности и сокращения сроков освоения проектных мощностей. Указанное тем более важно, что в результате недостаточного ввода мощностей литейного производства возникла диспропорция в заготовительных и обрабатывающих производствах, которая привела к тому, что средний коэффициент сменности в литейных цехах равен 2,5 против 1,2 в механических.

Разработка первых типовых проектов убедила, что в процессе их выпол-

нения можно глубоко проанализировать и критически оценить оправдавшие себя проектные решения. Первые типовые проекты являлись как бы итогом длительной практики проектирования литейных цехов.

Иначе обстоит дело с текущим типовым проектированием, которое в значительной мере является экспериментальным, так как во многих случаях специализированные цехи типового ряда не имеют аналогов, прошедших предварительную проверку. В то же время накопленный опыт позволяет организовать типовое проектирование в условиях развития специализированного литейного производства более совершенно.

В последнее время в отечественной и зарубежной практике проектирования все более широкое распространение получает метод сетевого планирования работ, являющийся наиболее прогрессивным методом научной организации проектирования и позволяющий планировать оптимальную последовательность и взаимозависимость работ, входящих в проектный комплекс [159, 160].

На рис. 26 в качестве примера представлен сетевой график разработки комплексного проектного задания сталелитейного цеха [93].

Отдельными элементами такого графика являются события и работы. Событие — факт окончания одной или нескольких работ (на графике изображается кружком и нумеруется). Работа — производственный процесс, требующий затрат времени и ресурсов (изображается сплошной линией с указанием продолжительности в неделях). Кроме того, различают понятия: ожидание — процесс, требующий только затрат времени, и зависимость — отражение правильной взаимосвязи работ при построении сетевого графика, не требующая затрат времени и ресурсов (изображается пунктирной линией).

Сплошной толстой линией на графике изображен «критический путь», равный наибольшей сумме продолжительности работ. Так, на рис. 26 критический путь это 0—1—2—3—21—22—23—24—41—42—43—26—27—101—102—103—83—84—64—65—124—125—166—167—168—4—5.

Продолжительность же критического пути во времени  $1+2+2+1+3+2+3+5+1+2+3+5+2+2+6+3+2+1+1=47$  недель.

Ниже приведены перечень частей проекта и номера соответствующих работ, т. е. шифр графика.

Перечень проектных работ	Шифр	Перечень проектных работ	Шифр
Подготовка и руководство . . . . .	0—20	Санитарно-техническая часть . . . . .	101—120
Технологическая часть . . . . .	21—40	Теплотехническая часть . . . . .	121—140
Механизация транспорта . . . . .	41—60	Электротехническая часть . . . . .	141—160
Генплан и транспорт	61—80	Экономическая часть	161—180
Строительная часть	81—100		

Для его расшифровки составляется подробный перечень работ от начала до завершения и оценка их продолжительности во времени.

Сетевой график наглядно показывает, как можно рассчитать минимальную продолжительность проектирования и за счет каких работ можно сократить эту продолжительность, что является очень важным для своевременного обеспечения проектной документацией строительства новых литейных цехов и заводов.

Анализ результатов исследования перспективного плана развития литейного производства по отраслям и экономическим районам позволяет определить, когда и какие из цехов ряда типовых мощностей строятся в наибольшем количестве и соответственно требуют обеспечения проектной документацией в первую очередь (табл. 72).

Таблица 72

Типовые проекты специализированных литейных цехов первой очереди

Направление специализации литейных цехов	Мощность цеха в тыс. т/год	Повторяемость
Изготовление стальных отливок способом литья по выплавляемым моделям . . . . .	2	18
Изготовление чугунных отливок способом литья в оболочковые формы . . . . .	4	7
Изготовление чугунных отливок в условиях мелкосерийного производства при весе отливок:		
до 5 т . . . . .	30	11
» 20 т . . . . .	80 *	7
Изготовление стальных отливок весом до 5 т при мелкосерийном характере производства . . . . .	30	9

\* Мощность уточняется при проектировании

Таким путем установлена номенклатура типовых проектов литейных цехов первой очереди. При составлении этой номенклатуры учтены результаты исследований, проведенных институтом Гипротис, на основании которых определена рациональность разработки типовых проектов. В настоящее время уже выполнены рабочие проекты таких цехов и по ним строится ряд литейных заводов.

Установление заранее районов строительства цехов по каждому проекту дает возможность учесть в проектах конкретные условия будущего строительства. Это позволяет сократить до минимума проектные работы по привязке строительной части типовых цехов

к конкретным площадкам. Унифицирование же программ выпуска продукции, закладываемых в проекты типовых цехов на основе уточненных данных тех экономических районов, где они будут строиться, сократит до минимума возможные изменения в технологической и соответственно транспортной частях типового проекта.

Переход на поточные способы производства для всех отливок мелкосерийного производства позволяет отказаться от применявшегося до настоящего времени в проектировании литейных цехов опытно-статистического метода, основанного на использовании эмпирических показателей съемов отливок с площадей, соотношений размеров отдельных участков и пр., и перейти на метод проектирования, основанный на расчетах и планировке оборудования с учетом надлежащих проездов, проходов, межоперационных складов и т. д.

Значительный объем работ по введению в строй новых мощностей литейных цехов и заводов, а также реконструкции существующих требует большого количества проектной документации в самые краткие сроки. Для ускорения выполнения проектных работ, а также унификации проектных решений и нестандартного литейного оборудования и специальных сооружений значительный интерес представляют соответственные разработки, входящие в «Общемашиностроительные типовые и руководящие материалы в области технологии и организации производства» (ОМТМ) <sup>1</sup>.

Для максимального сокращения разнообразия производственных участков и унификации типовых проектов разработан «Типаж и размерные ряды производственных участков чугуно- и сталелитейных цехов машиностроительных заводов». Дальнейшим развитием его являются типовые проекты таких участков с комплектом оборудования, типовой технологией и организацией производства.

Охватывая все пределы технологического процесса литейного производства, производственные участки разделяются на плаvilьные, смесеприготовительные, формовочно-заливочно-выбивные, стержневые, обрубно-очистные и грунтовочные.

Все участки, включенные в типаж, полностью соответствуют утвержденным типовым мощностям специализированных литейных цехов машиностроения. Размерные ряды формовочных, обрубно-очистных и грунтовочных участков согласуются один с другим и могут составлять единую технологическую линию при соответствующем подборе.

В настоящее время большая часть типовых проектов производственных участков разработана на стадии проектного задания.

---

<sup>1</sup> Организация и научное руководство разработкой ОМТМ осуществлялось инж. О. В. Спасской

## Номенклатура ОМТМ по литейному производству

Наименование	ОМТМ
Аннотация типового проекта сталелитейного цеха точного литья по выплавляемым моделям. Технологическая часть . . . . .	1210—001—65
Типовые проекты производственных участков цехов стального и чугунного литья с комплектом оборудования, типовой технологией и организацией производства. Размерные ряды и типы производственных участков цехов стального и чугунного литья . . . . .	1502—001—64
	1502—002—64
	1502—003—65
Аннотации комплексного проектного задания типового проекта централизованного производства основных и вспомогательных формовочных материалов, оснастки, нормализованных деталей, дробы и металлического песка для литейных цехов . . . . .	1214—001—64
	1210—002—65
Типовые комплекты оборудования для производственных участков цехов чугунного и стального литья . . . . .	1446—006—65
Типовые механизированные и автоматические линии литейных цехов . . . . .	1416—001—64
	1412—001—64
Выбор оптимальных технологических процессов изготовления литых заготовок из черных и цветных сплавов (крупносерийное, серийное, единичное и мелкосерийное производство) . . . . .	1312—001—65
	1312—005—65
	1312—003—65
Типовые технологические решения по изготовлению отливок деталей — представителей (из черных и цветных сплавов) по отраслям машиностроения, ч. 1, 2, 3 . . . . .	1312—008—65
	1312—004—65
	1312—009—65
Информационный сборник специального технологического и вспомогательного оборудования для литейного оборудования . . . . .	1446—002—63
	1446—004—64
	1446—007—65
	1446—008—66
Модернизация технологического оборудования Литейное и термическое оборудование . . . . .	1406—002—64
	1446—001—63
Выбор приспособлений и устройств при изготовлении отливок в песчаных формах по всему технологическому циклу литейного производства . . . . .	1446—001—65
Формовочные глины. Справочник . . . . .	1062—002—64
Применение цирконовых концентратов в литейном производстве . . . . .	1062—003—64
Проекты типовых автоматизированных и комплексно-механизированных участков изготовления стержней из жидких самотвердеющих смесей . . . . .	1240—001—66

При разработке учитывались материалы утвержденных типовых проктов литейных цехов и заводов, проектов вновь строящихся и реконструируемых цехов, отвечающих современному уровню проектирования, а также материалы обследования передовых цехов и заводов.

Использование разработанных типовых производственных участков позволяет различным проектно-технологическим, конструкторским и другим организациям значительно сократить сроки проектирования и тем самым уменьшить стоимость проектных работ, обеспечить во вновь строящихся и реконструируемых цехах применение наиболее передовой технологии и средств механизации и автоматизации и унифицировать производственные участки и оборудование литейных цехов.

Номенклатура материалов по литейному производству, разработанных и изданных рядом проектных организаций, представлена в табл. 73.

Связанное с осуществлением комплексной механизации резкое увеличение насыщенности литейных цехов механизмами, в том числе пространственными транспортными системами, делает весьма целесообразным применение в дальнейшем, при разработке типовых проектов, объемно-макетного метода. Назначение указанного метода — наиболее эффективное использование не только площади промышленных зданий, но их объема и обеспечение на основе объемно-планировочных решений оптимальной организации технологического процесса, кратчайших и непересекающихся грузопотоков и лучших условий труда [123].

Основу макета составляет обычно стальной перфорированный лист. Если размер листа  $1 \times 2$  м с расстоянием между смежными отверстиями 20 мм при масштабе макета 1 : 50, то такое расстояние отвечает натуральной величине 1 м; таким образом, на листе можно спланировать цех площадью  $100 \times 200$  м<sup>2</sup>. В случае, если литейные цехи размещаются в двухэтажных зданиях или имеют развитое подземное хозяйство, стальной лист может быть заменен листом из органического стекла. Это позволяет создать совмещенные двухэтажные макеты с хорошо просматриваемыми планировками на разных уровнях. Поворачивая макет, можно рассматривать его под разными углами.

Технический центр литейной промышленности Франции применяет описываемый метод для разработки типовых проектных решений, используемых затем применительно к отдельным конкретным случаям.

Вся гамма технологических и транспортных машин и различных установок, применяемых в литейных цехах, унифицирована и сведена к 200 типоразмерам, в число которых вошли плавильные агрегаты, складские и другие транспортные средства, сушильные печи, формовочные и стержневые машины, смесприготовительные агрегаты и др. [158].

Каждая модель (в основании) снабжена магнитом, что обеспечивает ее прочное крепление к стальному листу, не затрудняя снятия и перемещения модели. На рис. 27 и 28 показаны макеты

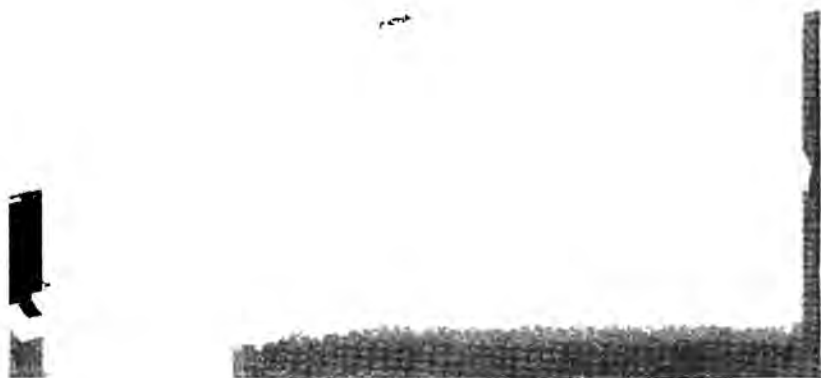


Рис 27 Макет поточной линии пескометной формовки

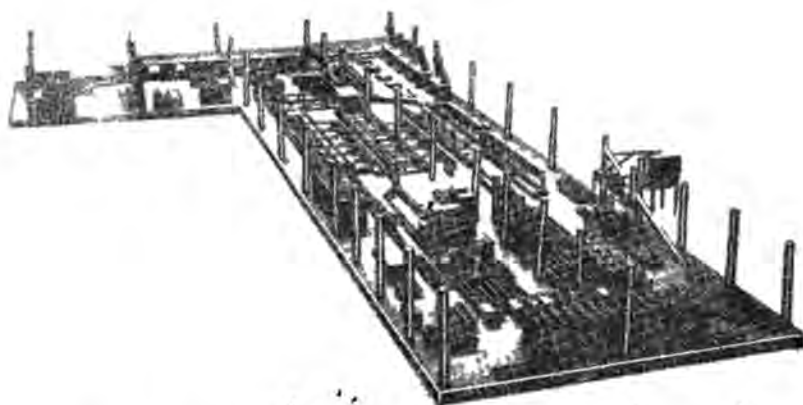


Рис 28 Макет механизированного очистного отделения

поточной линии пескометной формовки и обрубного отделения [230].

По имеющимся данным, трудоемкость выбора оптимального планировочного решения снижается с применением макетного метода почти вдвое [88]

---



## ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ ЛИТЕЙНЫХ ЦЕХОВ

Разработанные путем анализа и обобщения большого числа эксплуатационных и проектных данных основные положения по проектированию специальных и в первую очередь типовых литейных цехов определяют общий прогрессивный уровень техники литейного производства, создают предпосылки для унификации технологических процессов и ограничения типоразмеров требующегося оборудования. Основные положения должны обеспечить необходимые условия для получения отливок высокого качества и достижения наименьшей трудоемкости изготовления отливок путем комплексной механизации и автоматизации процесса производства, надлежащие условия труда, экономичность строительства цехов.

В качестве основного принципа проектирования специализированных литейных цехов рекомендуется принцип законченных специализированных потоков, включающих в себя комплексную технологическую цепочку производства отливок. Для эффективного осуществления этого принципа необходимы оптимальные сочетания масштабов литейных цехов и направлений их специализации, принятых для ряда типовых мощностей [225].

### 1. СТРУКТУРА И СОСТАВ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ ЦЕХОВ

Организационная структура цехов, оформленная планировочным решением, должна обеспечивать наилучшие условия ведения бесперебойного производства с экономичными техническими показателями. С этой целью производственные отделения во всех специализированных цехах проектируются как законченные комплексы технологического процесса. В случае, когда цехи блокируются из нескольких специализированных потоков (например, цех с уточненной против указанной в ряде мощностей, равной 80 000 *t* чугуновых отливок при наибольшем весе последних 20 *t*, который является по существу блоком из трех специализированных цехов с соответственной мощностью 20 000—25 000 *t/год* при весе отливок до 100 кг, 30 000—35 000 *t/год* при весе отливок

100—1000 кг и 15 000—20 000 т/год при весе отливок свыше 5 т), каждый поток должен состоять из соответственного комплекса технологических процессов: плавка, смесеприготовление, формовка, изготовление стержней, заливка, выбивка.

Обрубные и отделочные операции (грунтовка) могут, когда это целесообразно, объединяться для разных цехов, образуя самостоятельные специализированные потоки.

Вспомогательные отделения проектируются на каждый литейный цех едиными, независимо от того, что цех может являться блоком отдельных специализированных цехов. В ремонтных мастерских предусмотрен исключительно текущий ремонт оборудования; на капитальный ремонт и изготовление запасных частей мастерские не рассчитаны. Цеховые лаборатории оборудуются средствами контроля и дефектоскопии в объеме нужд текущего производства. Отделения по подготовке исходных материалов — просеву свежего песка, размолу угля, сушке и размолу глины, приготовлению связующих и плакированных смесей — в цехах не предусматриваются, так как эти материалы должны поступать в готовом виде (исключение составляет сушка свежего песка, когда она совмещена с сушкой продуктов регенерации). Во всех типовых цехах предусматриваются условия для литья экспериментальных и ремонтных отливок, подлежащих изготовлению в производственных потоках.

Получение ремонтных отливок, выходящих за пределы технологической специализации данных цехов, предусмотрено со стороны.

Склады литейных цехов, строящихся на литейных заводах, проектируются с учетом наличия общезаводских складов формовочных, шихтовых и других материалов. Цехи, строящиеся на машиностроительных и других предприятиях, проектируются со складами. Однако, учитывая возможность создания базисных складов в ряде промышленных районов (микрорайонов), возможно решение проекта без склада.

Рекомендуются следующие нормы хранения формовочных и шихтовых материалов исходя из условий круглогодичного снабжения: на базисных или заводских складах двухнедельные для металла, кокса, связующих материалов и месячные для песка и глины; такие же запасы предусматриваются на цеховых складах при отсутствии базисных. При наличии базисных или заводских складов нормы межоперационного хранения материалов на шихтовых площадках и в смесеприготовительных отделениях 2—3 дня.

Указанные нормы значительно ниже действующих и допускают экономичное решение складских объектов. В проектах всех складов предусматривается комплексная механизация погрузочно-разгрузочных работ [103].

В проект каждого цеха включаются склады текущего хранения модельной оснастки, емкость которых рассчитана на трехдневный

задел; они совмещаются с отделениями технологической подготовки.

Склады готовой продукции рассчитываются на недельный выпуск отливок и совмещаются по возможности с грунтовочным отделением.

В специализированных литейных цехах проектируется следующий режим работы; в цехах конвейерного литья с локализованными зонами заливки и выбивки параллельный двухсменный; в цехах стационарного литья с нелокализованными тепло- и пылевыделениями, например при изготовлении крупных отливок, когда формы заливаются на месте сборки, — ступенчатый трехсменный (две первые смены — формовка и сборка, третья смена — плавка, заливка, выбивка).

## 2. ВЫБОР И МЕХАНИЗАЦИЯ ПЛАВИЛЬНЫХ СРЕДСТВ

Рассмотрение тенденций развития способов плавки чугуна показало, что основным плавильным агрегатом для получения жидкого чугуна на ближайшие годы остаются вагранки. В типовых проектах предусматриваются вагранки с высокотемпературным подогревом дутья, дожиганием газов и газоочисткой, а также с водяным охлаждением плавильного пояса [65, 66].

В проекты литейных цехов для районов, богатых природным газом, включаются коксгазовые вагранки с газовыми подогревателями типа ЗИЛ. При отсутствии природного газа в типовых проектах предусматривается установка вагранок с выносными рекуператорами и отбором газов ниже загрузочного окна, мокрой очисткой их и дожиганием. Весьма возможно, что в недалеком будущем применение газовых вагранок получит большое развитие.

Для улучшения санитарно-гигиенических условий на прилегающих территориях и очистки воздуха, забираемого для вентиляции литейного цеха, вагранки рекомендуется проектировать преимущественно закрытого типа, с водяным охлаждением плавильного пояса [98]. Схема подобной вагранки конструкции института Гипростанок представлена на рис. 29.

Очистка газов проектируется, как правило, в водяных скрубберах (в некоторых новых зарубежных литейных цехах, например Форд в Кливленде, применяются электрофильтры). Учитывая большой вынос при подогреве дутья самых мелких трудноулавливаемых пылевых частиц, предусматривается выпуск очищенных ваграночных газов в атмосферу на высоте не менее 25 м при производительности вагранок до 7 т и высоте 30—35 м при вагранках большей производительности.

Во всех случаях производства мелких и средних чугунных отливок, типа автоторных и т. п., целесообразно применять вагранки с непрерывным отбором металла и с отдельно стоящими копильниками барабанного действия.

Для изготовления тонкостенных ответственных отливок из серого чугуна и ковкого чугуна рекомендуется применение дуплекс-процесса. При этом в качестве электрических печей рекомендуются индукционные промышленной частоты и такой емкости, которая компенсировала бы случайные отклонения в работе поточных линий.

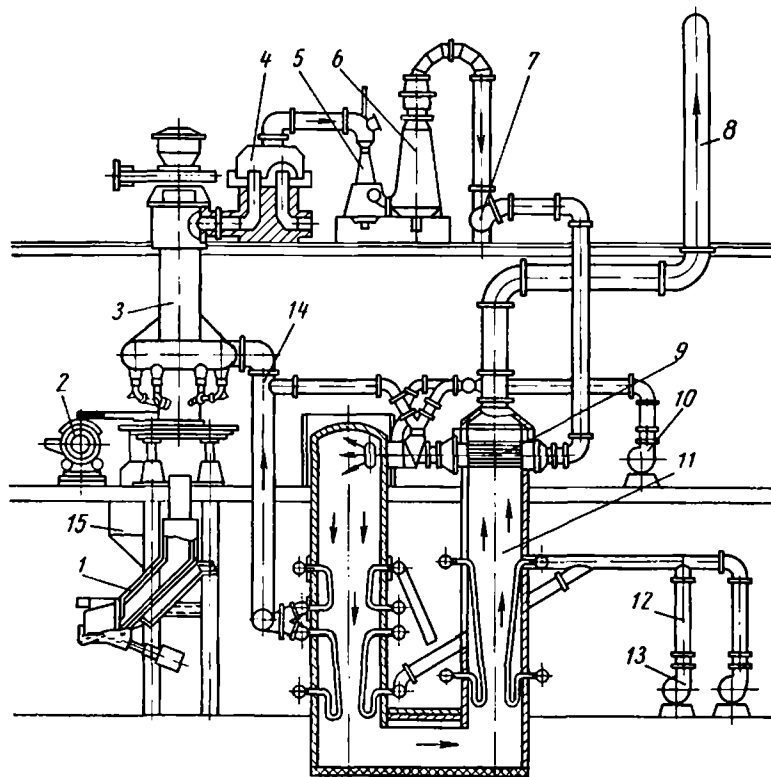


Рис. 29. Схема чугуноплавильного агрегата:

1 — короб для отходов; 2 — поворотный копыльник; 3 — вагранка; 4 — перекидной клапан; 5 — труба Вентури; 6 — мокрый пылеотделитель; 7 — эксгаустер; 8 — дымовая труба; 9 — рекуператор для ваграночных газов; 10 — вентилятор для подачи воздуха к горелкам; 11 — рекуператор для воздуха; 12 — воздухопроводы холодного воздуха; 13 — воздуходувка; 14 — воздухопровод горячего воздуха; 15 — грануляция шлака

Вагранки и электропечи оборудуются аппаратурой для автоматического контроля и регулирования плавильного процесса.

Завалку вагранок рекомендуется производить скиповыми подъемниками, а в отдельных случаях, где это оправдывается общей планировкой цеха, — монорельсовыми тельферами и лишь в виде исключения — шаржирными кранами, так как устройство автоматического управления последними сравнительно затрудни-

тельно. Автоматические системы должны допускать возможность работы в деблокированном режиме.

В проектах всех цехов предусматривается автоматизированная или комплексно механизированная с дистанционным управлением система набора шихты; первая при пользовании одной и той же шихтой, вторая — при переходе в процессе плавки с одной шихты на другую.

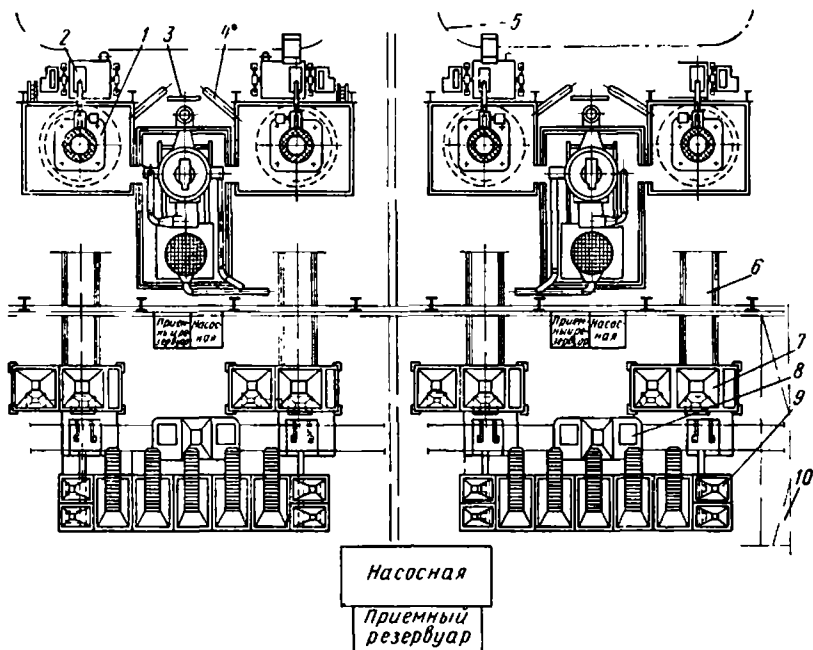
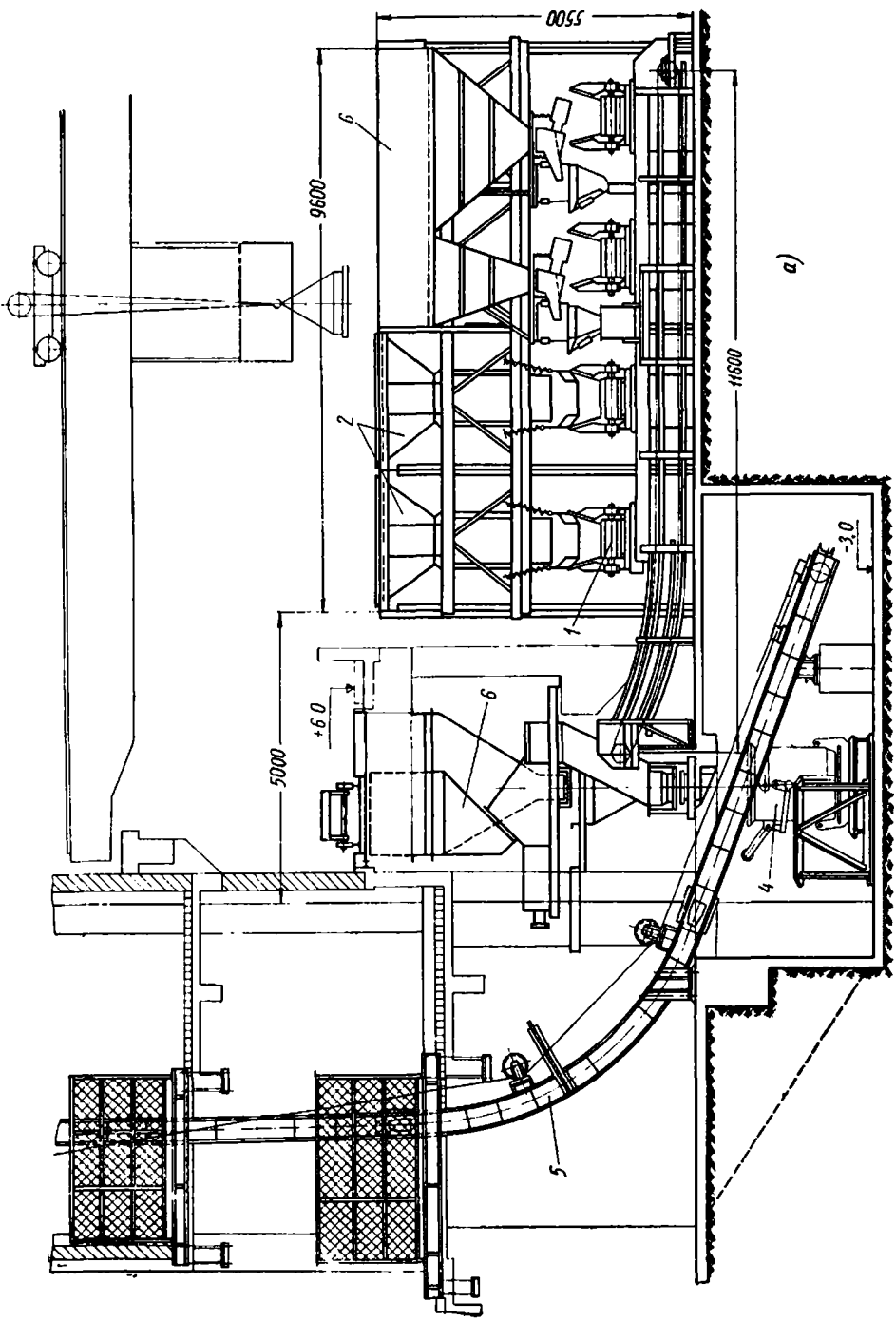


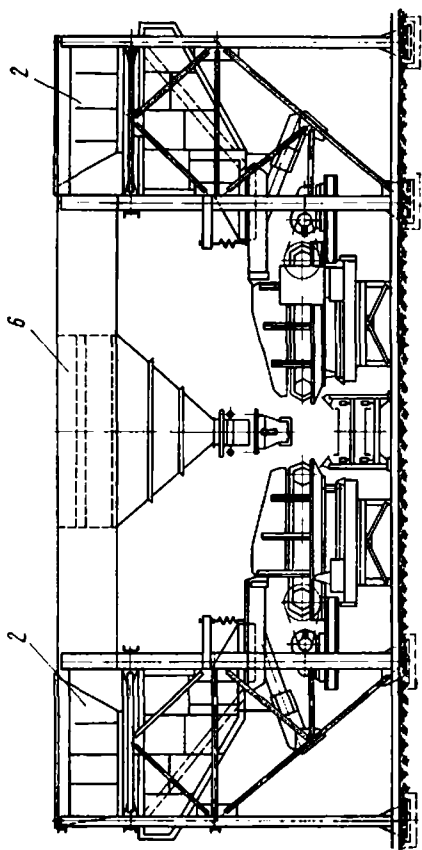
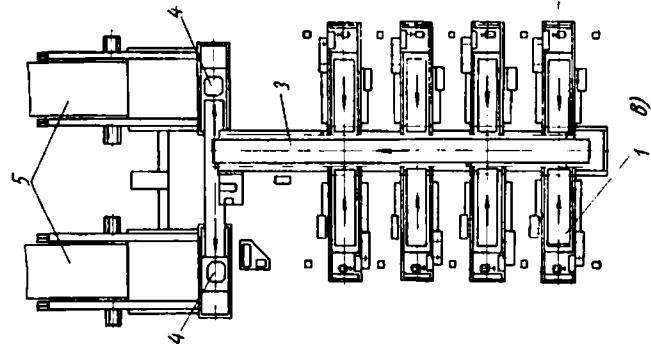
Рис. 30. Схематический план участка для набора и загрузки шихты:

1 — вагранки; 2 — поворотный копильник; 3 — рекуператор; 4 — система грануляции шлака; 5 — монорельс для разлива металла; 6 — скиповый подъемник; 7 — бункера для кокса и известняка; 8 — автоматическая весовая тележка; 9 — бункера для металлических составляющих; 10 — электрический мостовой кран со съемным грейфером и магнитом

Для включения в проекты специализированных литейных цехов могут быть рекомендованы применительно к местным условиям принципиально разные системы автоматизации процесса набора и загрузки шихты. Одна из них, осуществленная на рязанском литейном заводе Центролит, показана на рис. 30.

По предварительно заданной программе электрическая весовая тележка, двигаясь вдоль фронта раздаточных бункеров, загружается шихтой посредством траковых питателей. По достижении заданного веса весовое устройство дает команду на остановку питателя и весовая тележка движется к скиповому подъемнику, где после получения сигнала шихта выдается в бадью подъемника.





б)

Рис 31 Схема автоматизированного устройства для набора и загрузки шихты с помощью фарфурных питателей

а — продольный разрез, б — поперечный разрез, в — план

Загрузка бады подъемника происходит на двух позициях: на первой весовая тележка загружается металлической шихтой и ферросплавами, на второй — загружается коксом и известняком из бункеров.

Система, осуществленная на автозаводе им. И. А. Лихачева (рис. 31), основана на действии фартучных питателей 1, подающих определенное количество металла из каждого суточного бункера 2

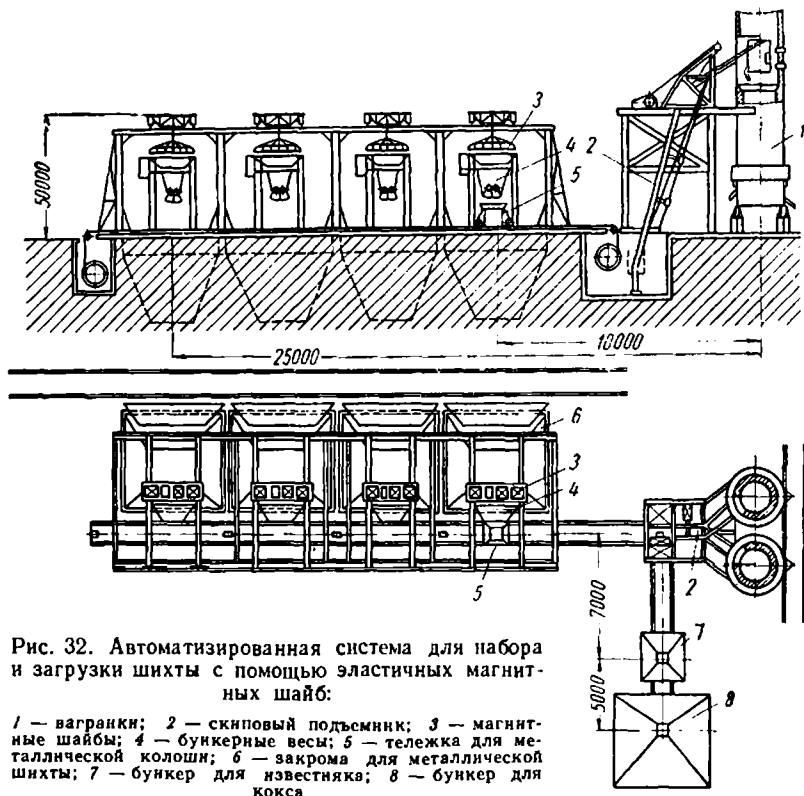


Рис. 32. Автоматизированная система для набора и загрузки шихты с помощью эластичных магнитных шайб:

1 — вагранки; 2 — скиповый подъемник; 3 — магнитные шайбы; 4 — бункерные весы; 5 — тележка для металлической шихты; 6 — закрома для металлической шихты; 7 — бункер для известняка; 8 — бункер для кокса

через транспортер 3 в загрузочную бадью 4 скипового подъемника 5. Кокс и известняк подаются из бункеров 6 с вибропитателями.

Другая система, разработанная Ченстоховским политехническим институтом (ПНР), показана на рис. 32 [190]. Используемая схема загрузки бункерных весов, основанная на сочетании действия эластичной магнитной шайбы и бункерных весов, показана на рис. 33. Магнитная шайба состоит из 16 электромагнитов, гибко связанных между собой. Поочередным подключением отдельных магнитов достигается замедленная засыпка шихты



в бункерные весы, что позволяет отвешивать любую порцию шихты.

Бункерные весы для металлической шихты имеют автоматическую регулировку, обеспечивающую сохранение пропорции между отдельными составляющими шихты. Весы настраивают на заданный вес порции; однако лишь в редких случаях возможно точное взвешивание, так как часто заданный вес  $Q$  превышает на какую-то долю  $\Delta Q$ . Тогда автоматически при взвешивании следующей порции весы настраиваются на вес  $Q - \Delta Q$ , а затем уже опять на вес  $Q$ .

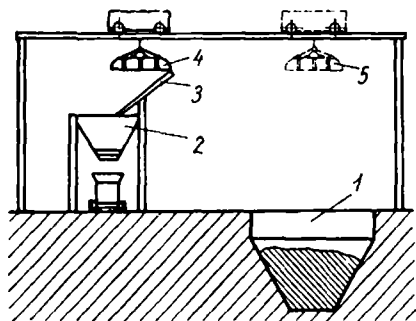


Рис. 33. Схема загрузки бункерных весов эластичной магнитной шайбой:

1 — закроем, 2 — бункерные весы; 3 — пологий скат; 4 — магнитная шайба; 5 — магнитная шайба в исходном положении

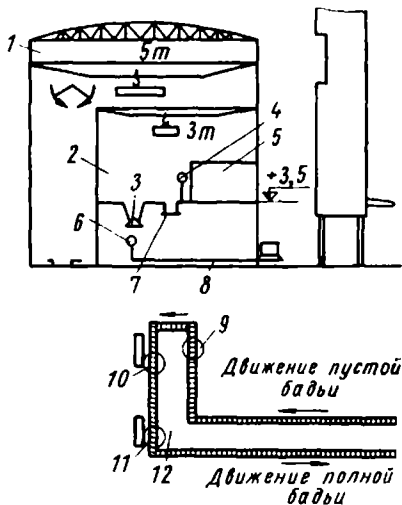


Рис. 34. Схема установки для механизированного набора шихты с помощью промежуточной кран-балки

Третий возможный вариант проектных решений набора шихты представлен на рис. 34. На этой схеме: 1 — склад шихты; 2 — шихтовая площадка; 3 — устройство для подачи кокса; 4 — весы для металла; 5 — суточные закрома; 6 — весы для кокса; 7 — мерная воронка для металла; 8 — рольганг для загрузочных бадей; 9 — место завалки в бадью готовой металлической колоши из мерной воронки; 10 — место завалки в бадью кокса; 11 — место завалки в бадью известняка; 12 — рабочее место у пульта. В таком виде установка осуществлена в литейном цехе, выпускающем отливки для насосов и деталей компрессоров завода им. Г. Димитрова в г. Бланско (ЧССР). Установка работает следующим образом [40]. Мостовой кран шихтового двора подает шихту и кокс на балкон с суточными закромами, обслуживаемый собственной кран-балкой. Пустая бадья движется по приводному рольганговому кольцу под балконом. Сначала она подставляется под мерную воронку, откуда в нее вываливается взвешенная колоша металлической

шихты. Затем бадью передвигают под вторую воронку, из которой заваливают кокс и известняк.

Во всех системах первоначальный импульс для загрузки шихты исходит от датчика, регистрирующего уровень шихты в вагранке.

Для облегчения труда предусматривается комплексная механизация операции удаления остатков ваграночной плавки. Рекомендуется система, осуществленная в литейном цехе Минского завода автоматических линий, в которой использовано специальное устройство для открывания днищ вагранки с помощью обгонных муфт от кнопочного пускателя. Шлак от вагранок гранулируется.

За последние годы у нас и во многих зарубежных странах наметилось вполне отчетливое направление на использование для плавки чугуна в фасоннолитейных цехах индукционных тигельных печей промышленной и повышенной частоты.

Основными преимуществами при использовании электропечей взамен вагранок являются: возможность получения металла с точно заданным составом и температурой и высокого качества, не всегда достигаемого при плавке в вагранке; использование в качестве шихты дешевого сырья (возврат производства, тонколистовые отходы, небрикетированная стружка и т. д.); более экономичный перегрев металла (расход энергии при перегреве чугуна на  $100^{\circ}\text{C}$  составляет  $30\text{--}50 \text{ ккал} \cdot \text{ч/т}$ ); высокая стойкость и удобство замены футеровки; значительное улучшение санитарно-гигиенических условий труда рабочих [197]. Кроме того, создаются благоприятные условия для автоматизации процесса.

В настоящее время на ряде отечественных заводов уже имеется положительный опыт эксплуатации индукционных тигельных печей промышленной частоты конструкции ВНИИЭТО и зарубежных. Их более широкое применение целесообразно в первую очередь там, где необходимо изготовление специальных марок чугуна, к которым предъявляются высокие требования по точности химического состава и физико-механическим свойствам, а также имеется достаточное количество собственного возврата для дешевой шихты.

Так, на каунасском литейном заводе Центролит плавка синтетического чугуна производится в тигельных индукционных печах промышленной частоты. В плавильном отделении установлен блок из трех печей фирмы АСЕА (Швеция) с емкостью тигля  $8 \text{ т}$  и блок из двух печей типа ИЧТ-6 конструкции ВНИИЭТО. Схема подключения электрооборудования предусматривает одновременную работу в первом блоке двух печей, а во втором — одной печи. Таким образом, из пяти печей одновременно работает три печи, а две печи резервные.

Печи работают на кислой футеровке. Завод проделал большую работу по подбору рецептуры футеровочной массы, что позволило добиться значительной стойкости футеровки тигля.

Шихта для печей состоит из собственного возврата (20—40%), стальной стружки (30—60%) и чугунной стружки (20—30%).

Опыт эксплуатации печей на заводе в течение нескольких лет подтвердил целесообразность применения их для плавки чугуна в более широких масштабах.

На Горьковском автомобильном заводе до последнего времени выплавку высокопрочного чугуна с шаровидным графитом производили в 3-тонных электродуговых основных печах на твердой завалке. В печах проводилось глубокое обессеривание (скачивание шлака 2—3 раза). Metallический магний вводился в автоклав.

В настоящее время на заводе установлены и приняты в эксплуатацию индукционные печи промышленной частоты, емкостью 12 т каждая, на кислой футеровке. В этих печах расплавляются возврат, лом, стружка и стальные отходы. Полученный таким образом синтетический чугун сливается в электродуговые миксеры емкостью 10 т на основной футеровке, в которых, кроме подогрева чугуна, производится глубокое обессеривание. Metallический магний вводится в автоклав.

Известна и следующая практика получения синтетического чугуна. Первичная плавка производится в любом плавильном агрегате вагранка — печь (пламенная, электродуговая, индукционная промышленной частоты). В случае вновь организуемого производства предпочтительна индукционная печь промышленной частоты. Расплавленный и максимально доведенный до кондиции металл сливается в миксер (индукционная печь промышленной частоты) емкостью на 2—3 ч потребности цеха в жидком металле. Благодаря большой емкости миксера и постоянному заполнению его металлом практически гарантируется стабильность анализа и постоянство температуры.

Такая система дуплекс-процесса: вагранка — индукционная печь достаточной емкости (при переменной работе вагранок одна печь на две вагранки) применена и в одном из наиболее современных автомобильных литейных цехов США фирмы Крайслер [177].

В типовом проекте пролета подготовки шихты Гипротяжмашем запроектирован участок для переплава собственных отходов на выпуск 60 тыс. т в год синтетического чугуна.

Перспективным представляется опыт работы ряда зарубежных заводов по применению предварительного подогрева шихты в сочетании с индукционными печами [145].

Подогрев до 600—700° С производится в специальных газовых печах, размещенных на плавильной площадке, а затем шихта выдается в плавильные печи. В результате снижается расход электроэнергии на плавку (до 100 кВт·ч/т при общем расходе на расплавление металла 450—500 кВт·ч/т) и тем самым достигается значительный экономический эффект, так как стоимость сэкономленной электроэнергии больше стоимости газа, идущего на подо-

грев шихты. Одновременно повышается производительность индукционных печей на 25—35% и в результате снижаются капитальные затраты на дорогостоящие плавильные агрегаты. Кроме того, решается проблема очистки загрязненной шихты от влаги, масла, эмульсии, выгорающих при подогреве, и от включений цветных легкоплавких металлов и сплавов, при подогреве расплавляющихся и оседающих на под печи; таким образом в плавильные печи шихта поступает совершенно чистой. Механизация и автоматизация подачи и загрузки подогретой шихты не представляют собой сложности.

Рациональный выбор плавильных агрегатов для специализированных фасоннолитейных цехов определяется профилем специализации, а внутри него — соотношением между годовым выпуском и характером отливок, а также весом наибольшей отливки.

В специализированных цехах литья по выплавляемым моделям получение жидкой стали проектируется в индукционных высокочастотных печах. Мощность и количество печей выбираются исходя из условий обеспечения принятого характера потока заливки — пульсирующего или непрерывного.

В цехах поточного производства стальных отливок плавильные отделения оборудуются батареями электродуговых печей. Число и емкость печей устанавливаются с учетом длительности получения расплава. Для обеспечения минимальных интервалов в подаче металла, необходимых при поточном производстве, рекомендуется применение подогреваемых металлосборников (миксеров).

Учитывая большие площади, занимаемые батареями электрических печей, а также и трудности, возникающие при необходимости сочетать периодический и непрерывный процессы, большое значение имеют разрабатываемые в настоящее время установки для непрерывной плавки стали, проектируемые применительно к фасоннолитейному производству.

О технико-экономических преимуществах непрерывно действующих стелеплавильных агрегатов по сравнению с вариантами электродуговых и мартеновских печей можно судить по данным, приведенным в табл. 74.

Несомненный практический интерес представляет также применение в проектируемых фасоннолитейных цехах комбинированных плавильных процессов: вагранка—конвертор—электро-миксер.

Для цехов, специализирующихся на производстве тяжелых отливок весом до 20 т и особенно весом до 50 т, рекомендуется сочетание электрических печей с мартеновскими. Эффективность этого сочетания обеспечивается при годовом выпуске 70 000—100 000 т фасонных отливок; подобные сталелитейные цехи сооружаются чаще всего в комплексе с прокатными цехами, нуждающимися в крупных слитках.

Сравнительные технико-экономические показатели сталеплавильных агрегатов

Показатели	Цех с крупносерийным характером производства (тракторостроение)		Цех с мелкосерийным характером производства (прессостроение)	
	по проекту	при установке непрерывного агрегата	по проекту	при установке непрерывного агрегата
Мощность цеха по жидкому металлу в $t$ . . . . .	150 000	150 000	41 200	41 200
Общая площадь плавильного отделения в $m^2$ . . . . .	4320	1170	972	648
Съем жидкой стали с $1 m^2$ общей площади плавильного отделения в $t$ . . . . .	34,7	128,2	42,4	64
Число плавильных агрегатов в шт.:				
электронечей ДСМ-5 . . . . .	10	—	—	—
мартеновских печей мощностью $20 t$ . . . . .	—	—	2	—
непрерывных агрегатов . . . . .	—	2	—	1
Капитальные затраты по плавильному отделению, включая затраты на строительные работы, в тыс. руб. . . . .	860	595	707,3	492,6
Капитальные затраты на $1 t$ жидкого металла в руб. . . . .	5,7	4	17,2	10,4

При проектировании специализированных фасонносталелитейных цехов предусматривается комплексная механизация набора и завалки шихты в плавильные агрегаты. Для всех цехов рекомендуется плавка цветных сплавов в электрических печах. Печи выбирают из расчета непрерывного питания процесса заливки расплавленным металлом. Во всех случаях предусматриваются автоматическое регулирование процесса плавки и контроль за его выполнением.

### 3. МЕХАНИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ ФОРМ

Проектирование формовочных отделений неразрывно связано с общими проектными решениями литейных цехов. Способы изготовления литейных форм должны выбираться с учетом получения наиболее экономичным путем отливок с заданными точностью размеров и чистотой поверхности.

Для изготовления форм рекомендуется предусматривать в проектах автоматические машины. Сравнительный анализ производительности разного типа формовочных автоматов (рис. 35) показал, что наиболее рациональными являются однопозиционные автоматы с прямолинейным проходом опок [84]. Преимущества

указанного типа автоматов особенно сказываются в условиях мелкосерийного производства с частой сменой оснастки

Небезынтересно, что до сих пор многопозиционные автоматические машины, в частности карусельные двухпозиционные фирмы Герман, четырехпозиционные конструкции ЗИЛа и ВТЗ, шестипозиционные завода Ростсельмаш и др., преимущество которых заключается в сокращении общего машинного времени, не находят широкого применения. На Ростсельмаше, в частности, они заменены однопозиционными. Очевидно, причиной этого

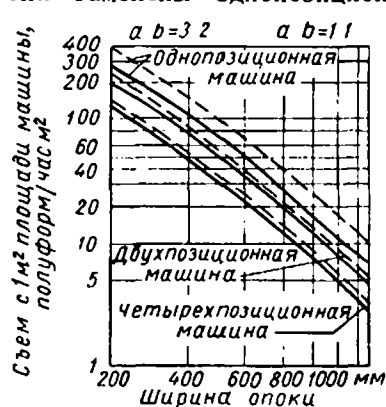


Рис. 35 Сравнительный график производительности автоматических формовочных машин

$a$  — длина опок,  $b$  — ширина опок

является то, что конструкции многопозиционных автоматов громоздки, а механизмы сложны. Надежное управление огромным количеством реле, контактов в тяжелых условиях эксплуатации механизмов и приборов в литейных цехах крайне затруднительно. Они зачастую являются источниками простоев автоматов.

Учитывая, что в потоке находится два—четыре многопозиционных автомата, остановка даже одного из них снижает выпуск всего потока минимум на 25%.

За последнее время получает широкое развитие способ уплотнения форм прессованием. Применение специальных формовочных смесей с высокой текучестью позволило использовать прессование с высоким удельным давлением, обеспечивающее хорошее выполнение контуров формы и необходимое ее равномерное уплотнение. Существуют конструкции машин, прессующие головки которых представляют собой набор поршневых элементов, автоматически устанавливающихся соответственно контуру модели. Такие многопоршневые головки позволяют получать очень точные геометрические формы отливки и равномерную твердость. Распространяется прессование с помощью эластичной свободно висящей диафрагмы, прессующей смесь соответственно контурам модели. Подобная установка автоматического типа работает на Горьковском автозаводе. Такие же установки имеются и за рубежом [150]

Выбирая из всего многообразия типов формовочных линий необходимый тип, следует исходить из конкретных условий проекта.

В отечественной и зарубежной практике существует ряд апробированных вариантов автоматизированных формовочных линий для крупносерийного и массового производства [139, 176].

Рассмотрим для примера линии с одно- и многопозиционными формовочными автоматами.

На рис. 36 и 37 показана автоматизированная линия с однопозиционными проходными автоматами для изготовления простых массовых отливок в формах  $600 \times 900 \times 145/145$  мм [168]: 1 — выбивная встряхивающая машина; 2 — устройство для разделения опок, 3 — механизм поворота нижней опоки; 4 — механизм подачи верхних опок, 5 — формовочный автомат для нижних полуформ, 6 — формовочный автомат для верхних полуформ, 7 — кан-

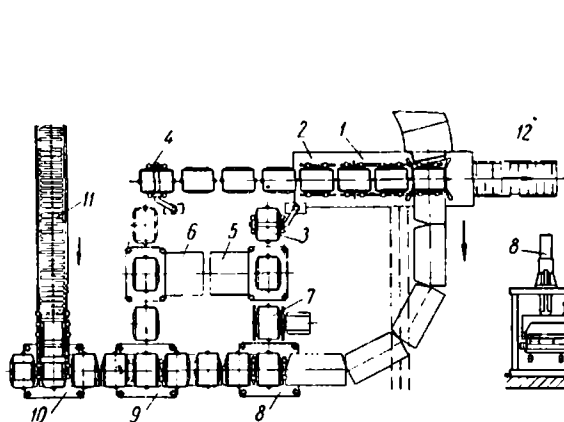


Рис. 36. План автоматической линии для массового производства отливок

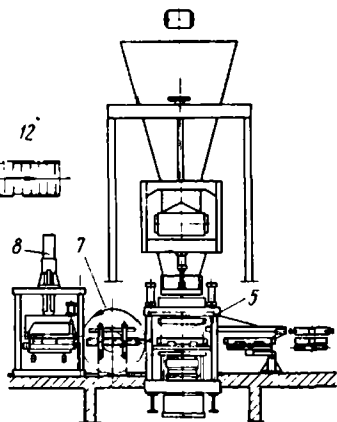


Рис. 37. Разрез автоматической линии для массового производства отливок

тователь; 8 — устройство для посадки нижней полуформы, 9 — устройство для сборки формы, 10 — механизм для грузения форм; 11 — рольганг для возврата грузов, 12 — пластинчатый конвейер для удаления отливок.

Формовочные автоматы четырехколонные, оборудованы они прессующими головками с возвратно-поступательным движением. Работают автоматы следующим образом. Выбитая опока на поднятых брусках с бортовыми роликами подается в машину, из которой одновременно выталкивается готовая полуформа, затем опока опускается на модельную плиту, из бункера-мерника засыпается формовочная смесь. После предварительного встряхивания надвигается прессующая головка и производится прессование с одновременным встряхиванием. Нижняя полуформа после выхода из машины поступает в кантователь, а из него в посадочное устройство, сажающее полуформу на площадку стоящего конвейера. Посадка производится с помощью верхнего пневматического цилиндра с захватами, несущими на себе бруска с бортовыми роликами, на которых находится полуформа. Когда захваты раскры-

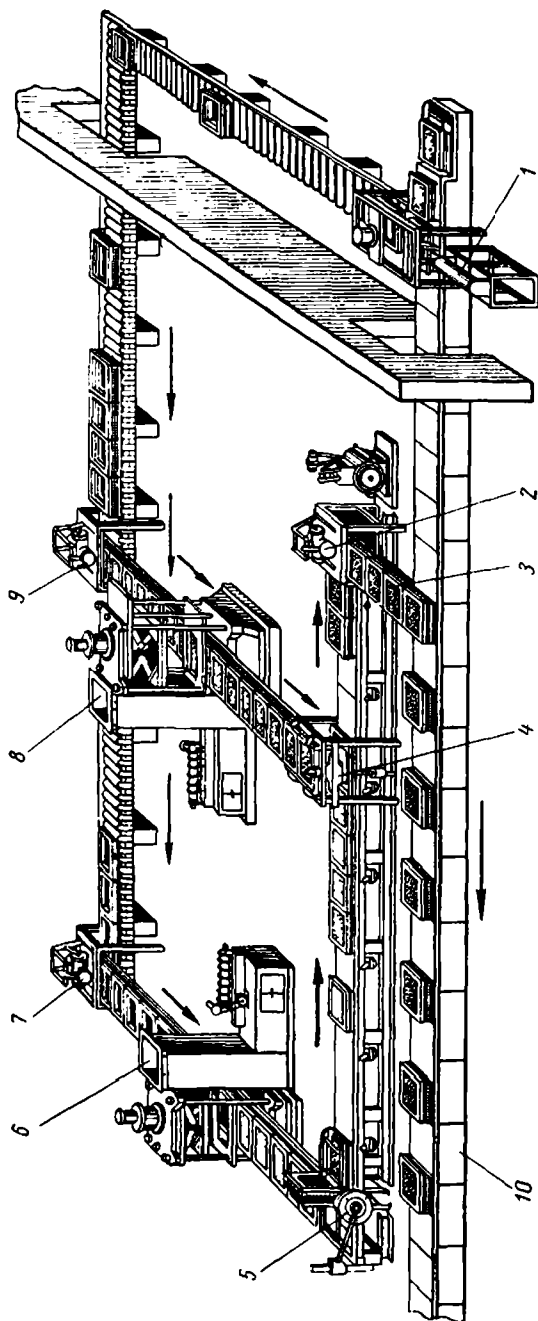


Рис. 38 Автоматическая формовочная линия с проходными прессующими автоматами

1 — толкатель, 2 — стальной конвейер, 3 — литевная форма, 4 — свариватель полуформ, 5 — кантователь, 6 — автомат изготовления нижних полуформ, 7 — пневмоторчающий стальной конвейер, 8 — автомат изготовления верхних полуформ, 9 — раскатчик олов с пневмоторчающим стальной конвейером, 10 — литевный конвейер



ваются, форма освобождается от посадочного устройства и остается на площадке конвейера.

Подобным же образом сконструировано сборочное устройство, на которое поступает верхняя полуформа с промежуточной позиции Сборочные штыри, скорость которых регулируется, вводятся сверху во втулки верхней опок и своими конусными концами входят во втулку нижней опок, находящейся в этот момент на площадке конвейера. Затем с помощью четырех штифтов с маятниковыми подвесами нижняя полуформа поднимается и сопрягается с верхней. После этого раскрываются захваты подъемника, несущие на себе брусья с бортовыми роликами, и штифты, опускаясь, сажают собранную форму на площадку конвейера

Темп работы линии 30—36 сек. Линию обслуживают четверо рабочих: двое заняты у формовочных машин и двое на заливке. До внедрения механизации эту работу выполняло 29 чел. На рис. 38 изображена автоматическая линия с проходными однопозиционными формовочными прессующими автоматами, работающая на заводе Ростсельмаш [4]

Характеристика линии — размер опок в свету  $600 \times 600$  мм, высота 120 мм, вес отливок 0,1—25 кг, средняя металлоемкость формы 15,6 кг. Производительность конвейера (расчетная) 360 форм в час. Удельное давление прессования до  $40 \text{ кг/см}^2$ . Габариты линии: длина 65 м, ширина 14 м.

Линия состоит из трех независимо работающих участков: формовки верхних опок, формовки нижних опок, установки форм на литейный конвейер. Все они соединены при помощи транспортных приводных рольгангов-накопителей. Каждый участок смонтирован из отдельных агрегатов с единой системой управления.

Участок формовки верхних опок состоит из прессового формовочного автомата с пневморычажным механизмом, распаровщика опок и спаривателя опок.

Участок формовки нижних опок состоит из аналогичного прессового формовочного автомата, сталкивателя опок, механизма продольного сталкивания и кантователя, механизма срезания напуска смеси, находящегося под рольгангом. Участок установки форм на литейный конвейер состоит из механизма поперечного сталкивания и роликового склиза. Каждый участок снабжен системой пневматического и электрического управления.

Эксплуатация линии показала ее производственную надежность.

На рис. 39 показана автоматическая однопозиционная прессовая формовочная линия проходного типа Ленинградского завода им. С. М. Кирова. Линия предназначена для формовки опок размером  $950 \times 575 \times 150/200$  мм (в свету); производительность 150 форм в час. Автоматическая формовочная линия может изготавливать формы со стержнями и без них. При изготовлении форм

без стержней сборка форм производится непосредственно на конвейере.

Линия состоит из литейного конвейера 1 и гидротолкателя 2, сталкивающего залитые формы на раму выбивной решетки. При помощи гидроцилиндра 3 отливки и отработавшая смесь выталкиваются на вибрационную инерционную решетку 18. Освобожденные опоки в сборе сталкиваются на поперечный шаговый транспортер 4 следующей за ними формой. С поперечного шагового транспортера 4 опока передается на неподвижную раму продольного шагового транспортера 5. Этим шагом транспортером опоки передаются к формовочным автоматам 12.

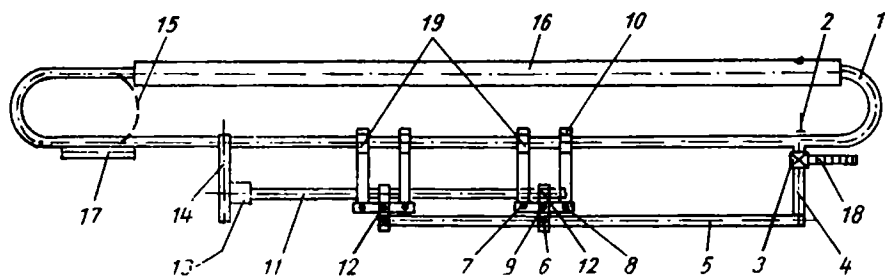


Рис. 39. Автоматическая однопозиционная прессовая формовочная линия

Автомат представляет собой трехпозиционный прессовый формовочный агрегат челночного типа. Одна позиция автомата (первая) является позицией наполнения опок формовочной смесью, две другие — прессовыми позициями. На второй позиции автомата формируется опока «низа», а на третьей — опока «верха». Передача подмодельных плит с первой позиции автомата ко второй и третьей производится при помощи тележки, приводом которой является гидроцилиндр. Съем и перенос опок к позициям осуществляет разборщик 6.

Работа автомата протекает в следующем порядке: разборщиком опока «верха» снимается с нижней опоки и переносится на первую позицию автомата 9. Здесь опока прижимается к подмодельной плите и наполнительной рамке бункера-дозатора гидроподъемником, а разборщик возвращается назад и производит захват опоки «низа» с шагового конвейера. Заполненная опока «верха» опускается и устанавливается на тележку, которая перемещает ее на третью позицию автомата — позицию прессования 7 верхних полуформ. В это время переданную разборщиком опоку «низа» пневмоподъемник поднимает и устанавливает на подмодельную плиту, пришедшую к третьей позиции прессования 8. С позиции прессования готовая полуформа «верха» передается к сборщику 19.

Опока «низа» при помощи механизма притягивания кантовки и транспортировки передается таким же образом, как и опока «верха» к механизму укладки 10. Кантовка опоки «низа» начинается с момента выхода опоки из-под прессовой плиты автомата и заканчивается в момент остановки полуформы под кронштейнами укладчика. После установки опоки «низа» на литейный конвейер последняя передается к сборщику 19, где спаривается с опокой «верха». В таком виде опоки при помощи литейного конвейера перемещаются на заливочный участок. Нагрузение опок грузами производится грузоукладчиком 15.

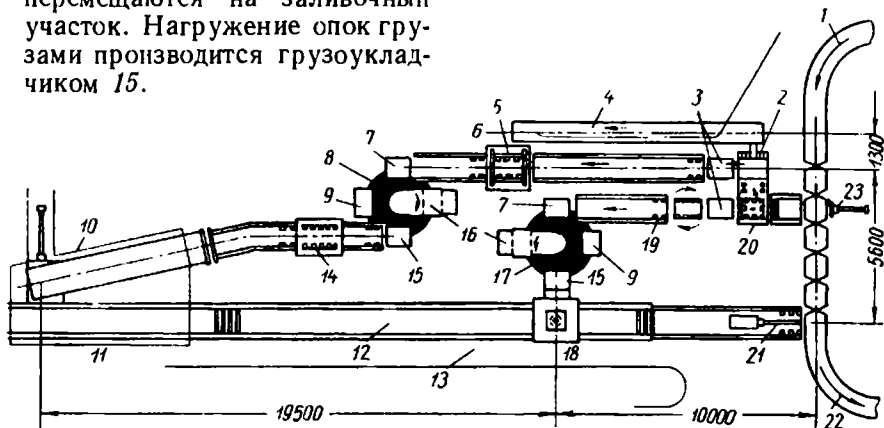


Рис. 40. Схема автоматической линии изготовления форм для блоков цилиндров автомобильных двигателей:

1 — ветвь конвейера от зоны охлаждения; 2 — место выбивки отливок; 3 — участок выбивки смеси из опок; 4 — место отбивки литников от отливок; 5 — опрокидыватель нижних опок; 6 — подвесной охлаждающий конвейер; 7 — позиция наполнения опок формовочной смесью; 8 — машина для изготовления нижних полуформ; 9 — позиция подготовки модели; 10 — участок окраски форм пульверизатором; 11 — камера поверхностной подсушки; 12 — конвейер для установки стержней; 13 — конвейер для подачи стержней; 14 — устройство для переворачивания нижних полуформ; 15 — позиция притягивания модели; 16 — позиция встряхивания и прессования; 17 — машина для изготовления верхних полуформ; 18 — машина для сборки форм; 19 — опрокидыватель верхних опок; 20 — место сятия верхних опок; 21 — толкатель для собранных форм; 22 — ветвь конвейера к заливочному участку; 23 — толкатель для залитых форм

Если в формы необходимо проставить стержень, опоки «верха» и «низа» кантовются и перемещаются на транспортер полуформ 11. Конструкция и работа транспортера полуформ аналогичны конструкции и работе поперечного или продольного транспортера. В таком виде опоки подаются к участку проставки стержней, а затем к спаривателю 13 и механизму выдачи форм 14. В дальнейшем эти опоки подаются при помощи литейного конвейера на заливочный участок 17, где проходят те же операции, что и опоки, пришедшие непосредственно от автомата. Залитые формы поступают на конвейер под вентиляционный кожух 16.

Примером линии формовки, автоматизированной с помощью многопозиционных карусельных автоматов, может служить установка, схема которой показана на рис. 40. Установка предназна-

цена для изготовления отливок блоков цилиндров V-образных автомобильных двигателей. Производительность ее 150—200 отливок в час [244].

Формовка производится на двух- четырехпозиционных автоматических машинах. На одной формируются верхние, на другой — нижние полуформы. Оба формовочных агрегата в принципе одинаковы, но оборудованы различной оснасткой. Это вызвано тем, что верхняя полуформа глубже нижней, а нижняя полуформа после изготовления должна быть перевернута на 180°.

Каждая машина имеет поворотный стол с делительным механизмом и револьверной подачей, который последовательно перемещает модели и опоки от одной позиции к другой. Цикл изготовления формы начинается с включения формовочной машины для нижних полуформ. На первой позиции модель обдувается воздушным соплом и опрыскивается пульверизатором и затем переходит на вторую позицию. Одновременно на вторую позицию с помощью конвейера подается пустая нижняя опока, которая устанавливается в положение для наполнения формовочной смесью. Модельная плита начинает автоматически подниматься до момента соприкосновения с опокой. Дальнейшее движение опоки вверх открывает затвор бункера, и опока заполняется отмеренным количеством формовочной смеси; после этого опока с моделью слегка опускается и при помощи делительного механизма перемещается к третьей позиции, где смесь уплотняется на встряхивающе-прессовой машине.

Заформованная опока с моделью передвигается на четвертую позицию, где форма поднимается, а модель опускается и извлекается. Далее модель передвигается снова на первую позицию и весь цикл повторяется сначала. Перечисленные операции производятся одновременно на всех четырех позициях.

Готовая нижняя полуформа с четвертой позиции передается на транспортер, который передвигает ее к опрокидывателю. Последний, повернув полуформу на 180°, перекладывает ее на следующий конвейер, на котором полуформа окрашивается из пульверизатора быстросохнущей графитовой краской, а затем поступает под кожух, где подвергается поверхностной подсушке.

Подсушенные нижние полуформы сталкиваются на сборочный конвейер, к которому по параллельно расположенному конвейеру одновременно подаются предварительно собранные стержневые комплекты. Операция установки комплекта стержней с конвейера в форму производится вручную и требует нескольких секунд. Нижняя полуформа с установленными стержнями передвигается к приспособлению для сборки формы.

Порядок работы агрегата, изготавливающего верхние полуформы тот же, что и агрегата, изготавливающего нижние полуформы.

Работа транспортного оборудования синхронизирована с работой формовочных агрегатов, благодаря чему опоки подаются

к машинам и удаляются из них через строго установленные промежутки времени механизмами, которые приводятся в действие автоматическими приборами, регулирующими главным образом продолжительность операции.

Всего на изготовлении форм занято 20 человек вместо ранее работающих 68. Линия для отливки блоков цилиндров обслуживается в каждой смене ремонтной бригадой из четырех рабочих.

Иначе, чем в массовом и крупносерийном производстве, обстоит дело с механизацией процесса формовки в мелксерийном производстве, где поточный метод только начинает внедряться [161].

Качественным отличием проектных решений формовочных потоков для условий мелксерийного производства, специализируемых по технологическому признаку, является необходимость частой смены оснастки. Поэтому для данного типа производства механизацию формовки рекомендуется решать, особенно для отливок среднего размера (100—1000 кг), с помощью линий скользящей оснастки, т. е. путем организации совмещенных потоков форм и потоков оснастки.

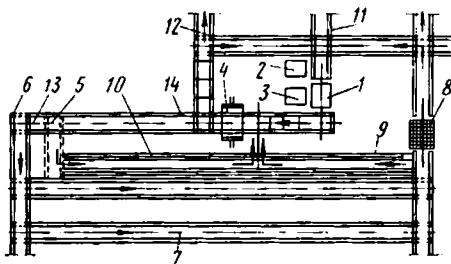


Рис. 41. Схема линии скользящей оснастки с встряхивающей машиной:

- 1 — встряхивающая формовочная машина;
- 2 — бункер для облицовочной смеси; 3 — бункер для наполнительной смеси; 4 — поворотная машина; 5 — подъемник; 6 — поворотный стол; 7 — заливочные и охлаждающие роляганги; 8 — выбивная решетка; 9 — роляганг возврата подопочных щитков нижних полуформ; 10 — роляганг возврата подопочных щитков верхних полуформ; 11 — подача модельных плит; 12 — удаление использованных модельных плит; 13 — крепление полуформ; 14 — установка стержней

Преимущество подобного сочетания заключается в том, что оно позволяет организовать производительное конвейерное производство даже при изготовлении единичных отливок. Это преимущество важно в связи со значительным ростом специализированного мелксерийного производства в текущем пятилетии.

В настоящее время линии скользящей оснастки являются основным проектным решением поточного производства отливок, изготавливаемых мелкими сериями. Такие линии можно классифицировать по признакам используемых транспортных устройств (роляганговые, тележечные, конвейерные) и уплотняющих форму средств (пескометы, встряхивающие и другие формовочные машины). Ниже приведены примеры конструктивных решений указанных линий с различными классификационными признаками.

На рис. 41 представлена механизированная формовочная линия одного из литейных цехов ГДР со скользящими модельными плитами для среднего и крупного литья [179]. В качестве уплотняющего агрегата применена встряхивающая формовочная

машина, работающая на облицовочной и наполнительной смесях. Линия работает следующим образом. Выбитые опоки, поступающие от выбивной решетки, устанавливаются на модельные плиты и приводным рольгангом передвигаются под засыпку облицовочной смесью, после чего устанавливаются на формовочную машину. После заполнения наполнительной смесью, уплотнения и срезания фрезой излишков формовочной смеси происходит поворот и съем полуформы в машине с перекидным столом. Далее полуформы и модельные плиты приводным рольгангом направляются на сборку в следующем порядке: верхняя полуформа, верхняя

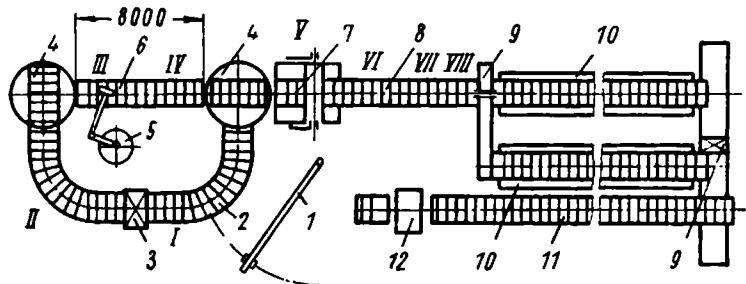


Рис. 42. Схема рольганговой линии «скользящей оснастки» с пескометом для форм среднего размера:

1 — поворотный кран для установки на рольганге модельных плит и опок на них; 2 — подковообразный рольганг; 3 — бункер с облицовочным составом; 4 — поворотный круг; 5 — стационарный пескомет, 6 — рольганг, на котором набиваются формы, сгребается лишняя смесь, удаляются литники, накрываются подопочные плиты; 7 — кантователь (стандартная машина 334); 8 — рольганг для отделки форм; 9 — трансферкары; 10 — конвейерные печи для сушки форм; 11 — рольганг для передачи залитых форм на выбивку; 12 — выбивная решетка

модельная плита, нижняя полуформа, нижняя модельная плита. Затем, пройдя поворотный стол, лишние модельные плиты направляются на склад, а нужные — для повторного использования; формы же после сборки поперечным рольгангом передаются на заливочные линии. Подопочные щитки «вверх» передаются на возвратный рольганг. Всю установку (не считая заливки) обслуживают восемь рабочих. Производительность установки 15—18 форм в час.

На изготовление форм размером  $3 \times 2,5 \times 1$  м рассчитана система скользящей оснастки, выполненная в форме карусели на Электростальском заводе тяжелого машиностроения [48]. Диаметр карусели 12 м; на ней расположены столы, соответствующие позиции технологического процесса. Извлечение модели из формы механизировано. Готовая полуформа поступает на рольганг отделки и поверхстной подсушки.

На рис. 42 показана схема созданной по изложенному принципу на заводе ТОО (ЧССР) линии скользящей оснастки изготовления форм для отливок деталей станков [140]. Размер опок в свету  $1,5 \times 1 \times 0,5$  м.

Проектная производительность линии 20 форм в час, фактическая 10—14 форм в час. Количество наименований деталей, формуемых за смену, достигает 30. Число рабочих, занятых в процессе до момента сушки 8. Рабочие места обозначены римскими цифрами: *I* — установка модельной плиты; *II* — обкладка облицовочным составом; *III* — уплотнение смеси; *IV* — отделка верха формы; *V* — удаление модели; *VI—VIII* — отделка формы. Трудоемкость формовки вручную на 30—35% ниже, чем при

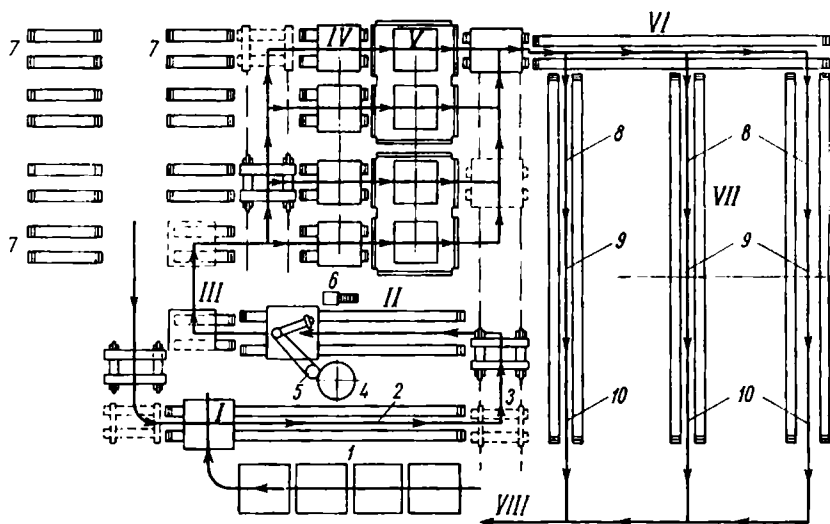


Рис. 43. Схема рольганговой линии «скользящей оснастки» с пескометом для крупных форм:

1 — место для складывания опок; 2 — приводной рольганг; 3 — передаточная тележка; 4 — тарельчатый питатель; 5 — пескомет; 6 — пульт дистанционного управления; 7 — рольганг для хранения модельных плит; 8 — место установки стержней; 9 — место сборки форм; 10 — место заливки форм

обычной пескометной, и в 2 раза ниже, чем пневматическими трамбовками.

На рис. 43 представлена схема изготовления способом скользящей оснастки отливок деталей станков весом до 5 т на заводе Браун и Шарп (США).

На позиции *I* (номера позиций обозначены римскими цифрами и соответствуют рабочим местам) опока, установленная на модельной плите, подается приводным рольгангом, на котором выполняются все операции облицовки и т. д., на тележку, передающую модельную плиту и опоку на рольганг, параллельный предыдущему. На позиции *II* опоку набивают формовочной смесью с помощью пескомета; набитая полуформа вместе с модельной плитой направляется на позицию *III*, где установлена протяжная машина с поворотным столом. Освободившаяся

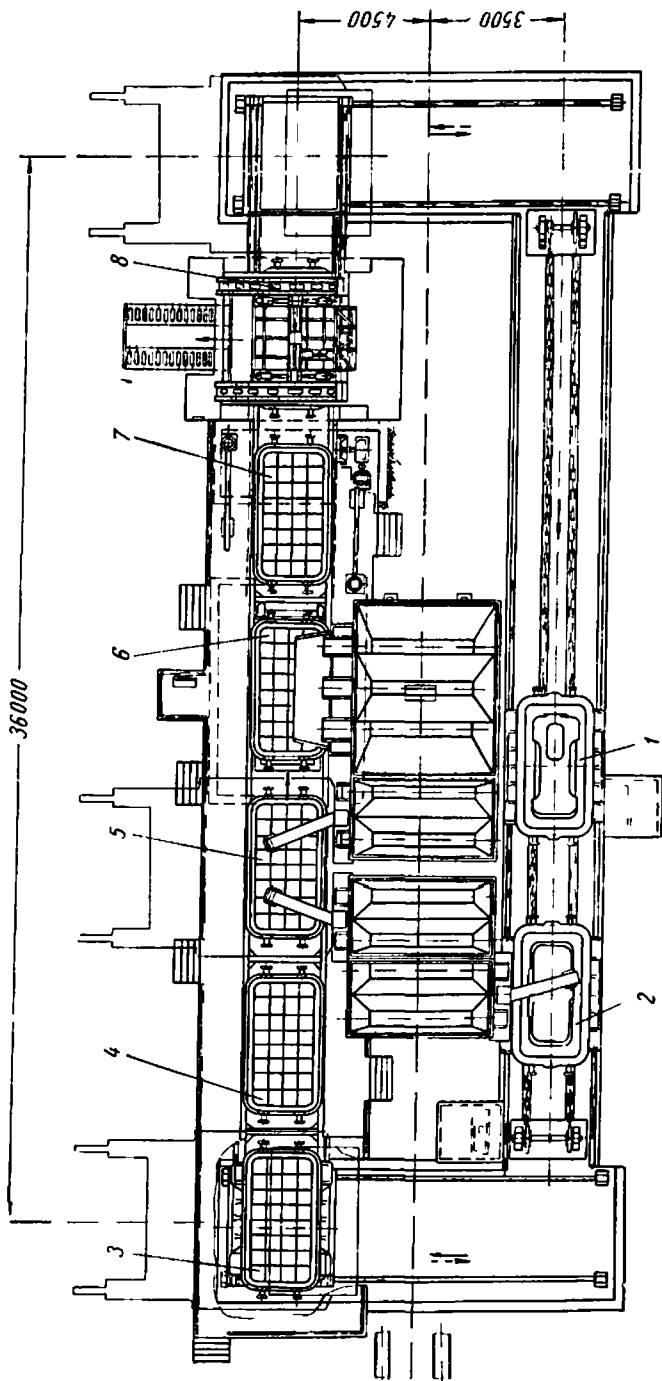


Рис 44. Схема рольганговой линии «скользящей оснастки» с 17-тонным встряхивающим столом



модельная плита подается на склад или возвращается на позицию *I* для нового использования, а полуформа направляется на отделку. На позиции *IV* полуформы отделяют и окрашивают, а на позиции *V* подсушивают. Высушенные полуформы поступают на рольганг (позиция *VI*), откуда направляются на одну из трех сборочно-заливочных линий (позиция *VII*); залитые формы остывают, а затем подаются на позицию *VIII*—выбивку. Освободившиеся опоки направляются на промежуточный склад.

О возможной производительности подобной системы можно судить по опыту одного из литейных цехов Англии [228]. Размеры опок на линии скользящей оснастки в этом цехе достигают  $1950 \times 1350$ ,  $3000 \times 1000$  и  $3400 \times 900$  мм. Сменная производительность линии, определяемая мощностью пескомета, 40—45 форм.

Обе описанные линии основаны на пескометном способе уплотнения. Для сравнения на рис. 44 показана линия скользящей оснастки, использующая встряхивающую машину, разработанная ВПТИ для Уральского завода тяжелого машиностроения [48]. Линия включает в себя следующие позиции: *1* — подготовка модельного комплекта; *2* — нанесение на модель облицовочной смеси; *3* — установка опок; *4* — установка крючков; *5* — заполнение наполнительной смесью; *6* — встряхивание; *7* — уплотнение верхних слоев формы; *8* — кантование и протяжка.

По такому же принципу скользящей оснастки работает и четырехпозиционная полуавтоматическая линия карусельного типа, спроектированная для типового литейного цеха для отливок развесом 100—500 кг в опоках  $1500 \times 1000 \times 500$  мм. На рис. 45 представлена схема этой линии, работа которой происходит следующим образом.

Пустые опоки, поступающие с участка выбивки, подаются к механизму подачи пустых опок и далее приводным рольгангом к полуавтомату. Одновременно с подачей пустых опок на всех позициях линии происходят следующие операции. На первой позиции устанавливается подмодельная плита с моделью; затем происходит обдувка и опрыскивание оснастки и подмодельная рама, поворачиваясь на карусели, поступает в положение второй позиции. Здесь на нее устанавливается опока, происходит засыпка облицовочной смеси и установка крючков (вручную). Поворот карусели, и опока поступает на третью позицию, где из бункера-дозатора насыпается наполнительная смесь и включается механизм встряхивания. По истечении установленного времени встряхивания происходит срезка избытка смеси и опока поступает на последнюю четвертую позицию. Здесь происходит подпрессовка верхнего слоя формовочной смеси, затем готовая полуформа передается в кантователь и карусель возвращается в исходное положение.

После кантования и протяжки на приводном рольганге-накопителе происходит отделка, окраска и поверхностная подсушка

форм. При выходе из сушила сначала верхняя полуформа укладывается на рольганг-накопитель, а затем нижняя.

Верхняя полуформа захватами механизма передачи полуформ поднимается над рольгангом, вместе с тележкой этого механизма перемещается в положение над литейным конвейером и опускается на тележку конвейера. После этого тележка с захватами возвращается в исходное положение для подъема следующей полуформы, а литейный конвейер передвигается на шаг. Как только верхняя полуформа окажется над конвейером, нижняя полуформа, лежа-

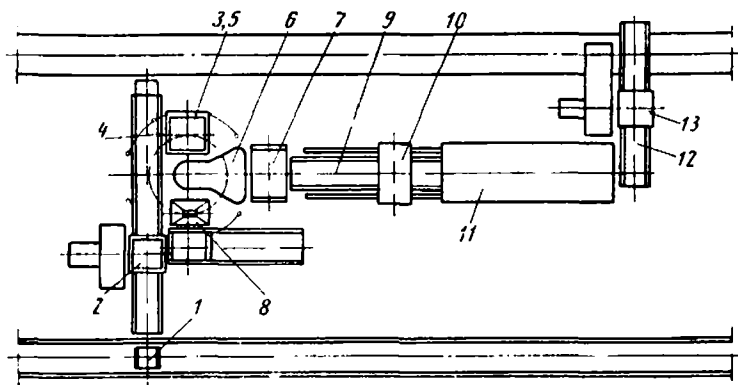


Рис. 45. Полуавтоматическая линия карусельного типа для форм  $1500 \times 1000 \times 500$  мм:

1 — механизм подачи пустых опок; 2 — механизм установки опок на карусель; 3 — механизм встряхивания; 4 — установка подачи облицовочной смеси; 5 — установка подачи дополнительной смеси; 6 — четырехпозиционная карусель с механизмом прессования; 7 — кантователь и протяжной механизм; 8 — механизм подготовки смены оснастки; 9 — рольганг приема полуформ и шагающий транспортер; 10 — камера окраски; 11 — сушило для поверхностной подсушки форм; 12 — рольганг-накопитель полуформ; 13 — механизм передачи полуформ на конвейер

щая на рольганге, перемещается до упора и готова для передачи и установки на литейный конвейер. Производительность линии 8—16 форм в час.

Описанные линии основаны на последовательном движении верхних и нижних модельных плит. В отличие от них на рис. 46 приведена система, в которой нижняя и верхняя модельные плиты движутся параллельно в две нитки [176]. В качестве уплотняющего устройства в данной установке применены не пескометы, а встряхивающие машины с отдельно вынесенной операцией допрессовки.

На линии используются сварные опоки с размером в свету  $1,41 \times 0,91 \times 0,45$  м.

Модельные стальные плиты смонтированы на специальных опорах таких же размеров, как и опок. Это опоры перемещаются по самостоятельной замкнутой конвейерной линии, проходя последовательно через формовочные механизмы.

Цикл формовки начинается с перемещения на роликах (под действием собственного веса) нижней опоки лицевой стороной книзу к месту действия специального гидравлического привода; здесь под опоку закладывается модельный комплект. После посадки опоки на плиту пневмотолкатель продвигает собранный

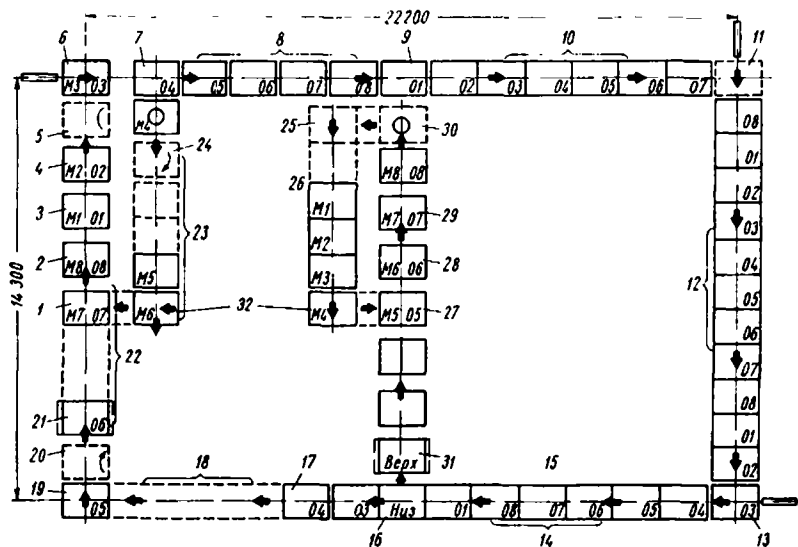


Рис. 46. Схема конвейерной линии «скользящей оснастки»:

М — участки с модельными комплектами; О — участки с опочными комплектами; 1 — участок сборки нижней модельной плиты с опокой; 2 — место засыпки смеси и уплотнения встряхиванием; 3 — место подпрессовки; 4 — место поворота комплекта модели с нижней полуформой; 5 — нижняя полуформа; 6 — поворотное устройство; 7 — место протяжки низа модели; 8 — линия простановки стержней; 9 — место сборки полуформ; 10 — заливочная зона; 11 — поворотное устройство; 12 — охлаждающая зона; 13 — поворотное устройство; 14 — охлаждающая зона; 16 — место снятия скоб крепления полуформ; 17 — место извлечения отливки; 18 — ролик-ганг конвейер; 19 — поворотное устройство; 20 — устройство для поворота нижней полуформы; 21 — место выбивки нижней полуформы; 22 — линия возврата нижних опок; 23 — линия возврата модельных комплектов; 24 — устройство для поворота модельных плит; 25 — поворотное устройство; 26 — линия возврата модельных комплектов; 27 — линия сборки верхней модельной плиты с опокой; 28 — место засыпки смеси и уплотнения встряхиванием; 29 — место подпрессовки; 30 — устройство для протяжки верха модели; 31 — место выбивки верхней полуформы; 32 — поворотное устройство

комплект по конвейеру к встряхивающему столу формовочной машины. По пути движения на опоку устанавливается рамка и из бункера засыпается отмеренное количество формовочной смеси.

Рамка остается на опоке в течение всего периода встряхивания. После завершения встряхивания она автоматически возвращается в исходное положение. То же устройство, которое подает следующий модельный комплект с опокой, передвигает уплотненную встряхиванием полуформу на операцию допрессовки.

Дальнейшее последовательное перемещение полуформ к механизму извлечения модели и затем через участок простановки стержней осуществляется специальным гидроприводом.

На всех конвейерных секциях, где перемещение форм, опок и модельных плит осуществляется под действием собственной силы тяжести, установлены пневматические амортизаторы.

Процесс на линии изготовления верхних полуформ отличается тем, что здесь не требуется поворота полуформ. Модель извлекается пневмоцилиндром, после чего специальный механизм осуществляет сборку верхней и нижней полуформ. Одновременно пневмоцилиндр сталкивает модельный комплект на роликовый конвейер возврата.

Последующее перемещение собранных форм на заливку осуществляет гидравлический цилиндр, смонтированный снизу между направляющими роликового конвейера. Залитые формы сталкиваются гидравлическим толкателем на охлаждающий роликовый конвейер. Вес залитой формы достигает 3 т.

На участке выбивки захваты пневмоприспособления, движущегося над формой, приподнимают верхнюю полуформу и устанавливают ее на виброрешетку. Нижняя полуформа направляется дальше. При помощи пневмоподъемника отливку извлекают из формы и устанавливают ее на решетку, расположенную на одном уровне с формовочным конвейером. Отбитые литники и выпоры по желобу опускаются в ящики, а отливки погружаются на тележки для отправки в очистное отделение.

Нижние опоки направляются по короткой секции роликового конвейера на выбивку. Порожня опока передается на приспособление, которое опускает ее на модельную плиту. Далее весь цикл повторяется. Темп работы всей линии 45 сек.

#### 4. ПРОЕКТИРОВАНИЕ СТЕРЖНЕВЫХ ОТДЕЛЕНИЙ

Первой задачей, которую надо решить при проектировании стержневых отделений, является определение их структурной принадлежности. Рассмотрим два случая организации стержневых отделений: по технологическому признаку изготовления стержней и по признаку продолжения потока формовки. Выбор той или иной структуры зависит от сочетания объема производства, характера стержней и номенклатуры отливок.

Учитывая мощности специализированных литейных цехов и то, что после некоторого объема выпуска стержней дальнейшее повышение его незначительно увеличивает эффективность производства, рекомендуется второе решение, распространяемое иногда в зависимости от масштаба на смежные формовочные потоки. Естественно при этом, что в любых случаях блокировки каждый литейный цех должен располагать своим стержневым отделением с организованными специализированными потоками.

Характер потока определяется основным направлением специализации и может быть технологическим или предметным.

Привязка стержневых отделений к специализированным линейным потокам имеет особое значение в мелкосерийном производстве благодаря сокращающейся таким образом номенклатуре стержней.

Проектные решения механизации операций изготовления форм распространяются и на изготовление стержней [30]. Масштаб и форма построения потоков зависят от применяемого упрочняю-

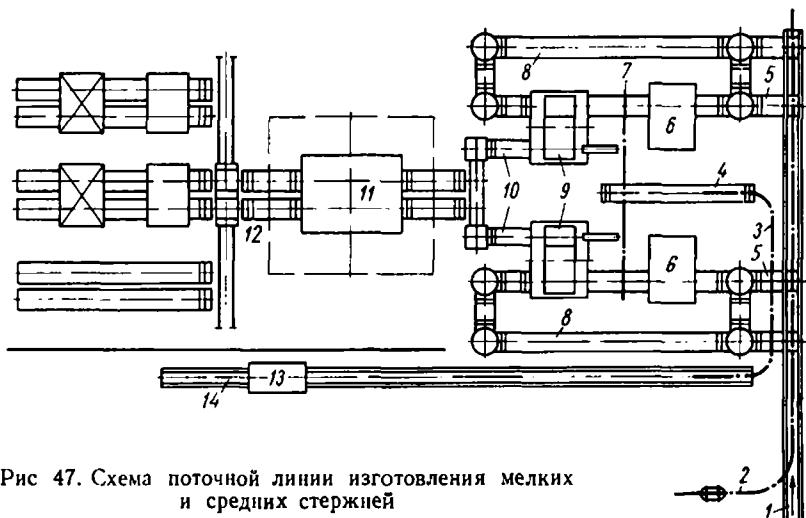


Рис 47. Схема поточной линии изготовления мелких и средних стержней

щего агрегата, например характеристики конвейерной сушильной печи или конвейерного устройства для продувки углекислым газом. Это не относится к случаям, когда упрочнение достигается, например, продувкой углекислым газом непосредственно в стержневом ящике на станке.

В массовом и крупносерийном производстве, где оснастка постоянна, пескодувные машины и машины для удаления стержней из ящиков (способом протяжки или другим способом) обычно жестко связаны между собой. Принцип скользящей оснастки применяется в тех случаях массового производства, когда операция непосредственного уплотнения очень кратковременна по сравнению с прочими операциями, выполняемыми в процессе формообразования стержня, например при изготовлении центровых стержней блоков цилиндров автомобильных двигателей (опыт Горьковского автомобильного завода). Однако следует иметь в виду, что непрерывное передвижение одноименной оснастки оправдывается лишь при очень высокой производительности. Между тем при использовании разноименной оснастки применение сов-

мещенного потока является не только закономерным, но и необходимым.

На рис. 47 показан участок изготовления мелких и средних стержней, который был запроектирован для литейного цеха с мелкосерийным характером производства на московском заводе «Борец». Порядок работ на этом участке следующий.

По шагающему конвейеру 1 поступают со склада в соответствии с планом дневного производства стержневые ящики; отсюда

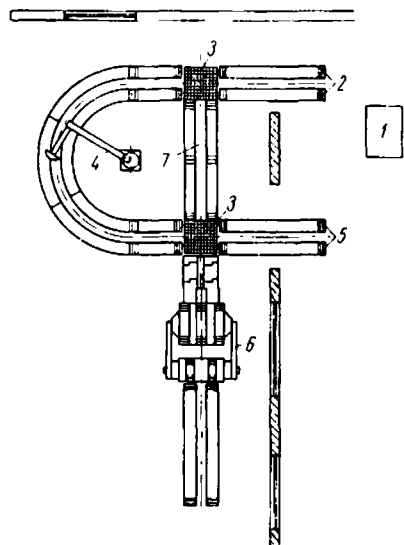


Рис. 48. Схема поточной линии изготовления крупных стержней:

1 — склад стержневых ящиков; 2 — рольганг для подачи ящиков; 3 — шариковые столы; 4 — пескомет; 5 — рольганг для возврата отработанных ящиков; 6 — кантователь; 7 — рольганг для оборачиваемых стержневых ящиков

они передаются по рольгангам 5 к пескострельным машинам проходного типа 6. Выйдя из пескострельных машин на продолжение рольганга 5, заформованные стержневые ящики накрываются сушильными плитами 7 и заталкиваются в кантователи 9. Освобожденные от ящиков стержни по рольгангам 10 направляются в вертикальную конвейерную печь 11, а стержневые ящики падают в петли 8, откуда при повторном цикле перемещаются на рольганг 5 или по окончании партии с помощью монорельса 2 обратно на межоперационный склад. Сушильные плиты передаются через трансферкару 12 на шагающий конвейер 14, проходят через мощную машину 13 и с помощью монорельса 3 поступают на рольганг 4.

Примером применения способа скользящей оснастки для изготовления крупных стержней

может служить система, дредставленная на рис. 48 [102, 220].

В последнее время в производство начала внедряться новая технология изготовления стержней из жидких самотвердеющих смесей. Этот способ наиболее эффективен в мелкосерийном и индивидуальном производстве, так как дает возможность комплексной организации механизации и автоматизации процесса изготовления стержней. На ряде заводов уже построены и действуют автоматизированные установки для приготовления таких смесей.

На рис. 49 представлена схема поточной линии изготовления стержней из жидких самотвердеющих смесей. Линия работает следующим образом: кромочными рольгангами 1 и 10 стержневые ящики подаются на заполнение к полуавтоматической установке

приготовления жидких самотвердеющих смесей 2. После затвердевания на рольганге 10, накладывания плит на позиции 8 и передачи на кантователь 9 стержни подаются в камеру 11 и окраску водяными красками в камеру 12 и сушку в проходном сушиле 13. В случае применения самовысыхающих красок потребность в сушке отпадает. Затем стержни подаются на комплектацию и складирование, а плиты — в камеру мойки и сушки.

Специфические особенности мелкосерийного производства форм и стержней, сочетающего при специализации поточные способы изготовления с многотысячной номенклатурой отливок, сказываются и на проектном решении цеха в целом.

Для изготовления стержней в массовом производстве все большее применение находят проектно-технические решения, основанные на использовании процесса получения стержней в горячих ящиках.

## 5. МЕХАНИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ТРАНСПОРТИРОВКИ ЖИДКОГО МЕТАЛЛА, ЗАЛИВКИ, ОСТЫВАНИЯ И ВЫБИВКИ ФОРМ

Транспортировка жидкого металла от плавильных агрегатов к местам заливки предусматривается в ковшах.

Для сокращения перепада температур металла между приемом его в ковш и выдачей при малом интервале между выпуском металла из печи и моментом разливки целесообразно применять мелкие разливочные ковши, соответствующие метал-

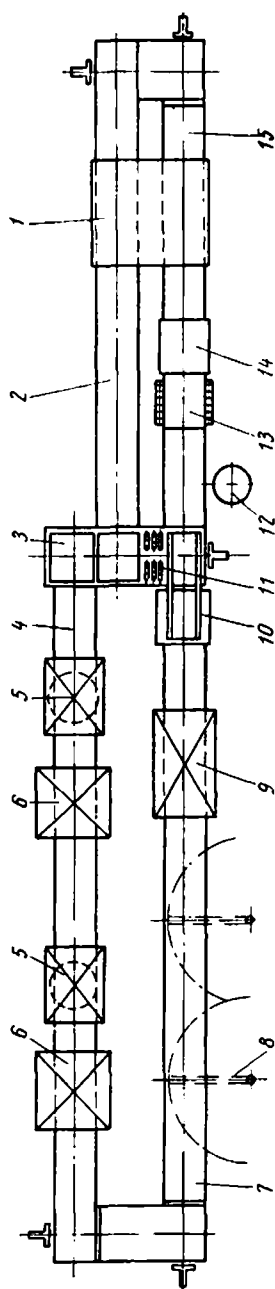


Рис. 49. Линия изготовления стержней из жидких самотвердеющих смесей:

1 — полуавтоматическая установка для приготовления жидких самотвердеющих смесей; 2 — кромоочный рольганг; 3 — кантователь; 4 — кромоочный рольганг; 5 — камера окраски; 6 — проходное сушило; 7 — кромоочный рольганг; 8 — кромоочный рольганг; 9 — кантователь; 10 — кромоочный рольганг; 11 — камера окраски; 12 — проходное сушило; 13 — кромоочный рольганг; 14 — кромоочный рольганг; 15 — кромоочный рольганг

лоемкости формы; если интервал сравнительно велик, рациональнее транспортировка в больших ковшах. В зависимости от скорости разливки металла в раздаточные ковши и формы может оказаться более целесообразной либо непосредственная заливка форм из больших ковшей, либо применение их в качестве передаточных.

При проектировании следует предусматривать возможность перехода в будущем на транспортировку жидкого металла по

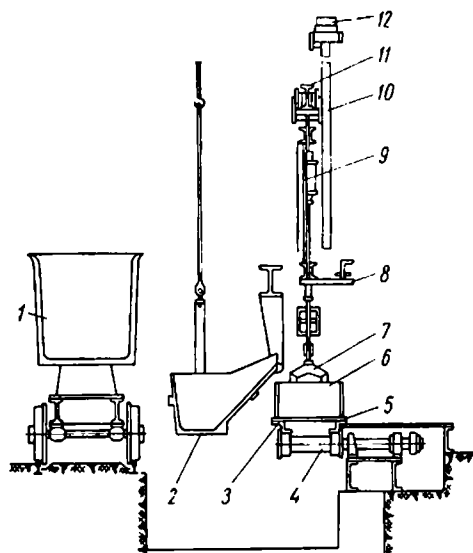


Рис. 50. Схема автоматического устройства для заливки форм, работающего от фотоэлемента:

- 1 — передаточный ковш, 2 — заливочный лоток, 3 — стол конвейера, 4 — опорная конструкция, 5 — подошвенная плита, 6 — форма, 7 — груз, 8 — подвесная направляющая для груза; 9 — подъемное устройство, 10 — трубка, 11 — моно рельс, 12 — фотоэлемент

трубам с помощью насосов индукционного действия. Расчетные и экспериментальные данные, проверенные на легкоплавких сплавах, подтверждают возможность использования керамических труб для транспортировки расплавленного металла. Индукционные насосы позволяют произвольно менять трассу трубопровода, запирать и отпирать его и даже подогревать расплав, находящийся в трубопроводе [16, 28].

В зависимости от конкретных условий рекомендуется применять два вида автоматизации процесса заливки: 1) от фотоэлемента, воспринимающего импульс жидкого металла, появляющегося в выпорном отверстии; 2) по заранее установленному весу металла в форме. Способ,

основанный на действии фотоэлемента, применяется исключительно на предприятиях с массовым характером производства [112].

На рис. 50 изображена схема устройства для автоматической заливки форм на конвейере, работающего от фотоэлемента.

Автоматическая заливка форм по весу металла в форме нашла применение и в серийном производстве, в частности в литейном цехе завода Фишер (Швейцария). Установка для автоматической заливки форм на конвейере изображена на рис. 51 [242]. Принцип действия ее основан на постоянстве местоположения приемной воронки литниковой системы 3. Работает установка следующим образом. Заливочный ковш 1 выдает при повороте каждый раз весь металл, содержащийся в нем. Количество металла фикси-



руется стрелкой весов 2, допускающих три варианта металлоемкости: 15—20, 20—25 и 30—35 кг. При наборе моделей на плиты это учитывается, и при смене плит стрелка весов устанавливается соответствующим образом. Все три варианта могут осуществляться одновременно, но в заданной последовательности. Заливочных ковшей два; пока из одного форма заливается, другой наполняется из стопорного устройства 4, отмеривающего заданное количество металла. При заливке ковш движется на тележке 5 синхронно с конвейером.

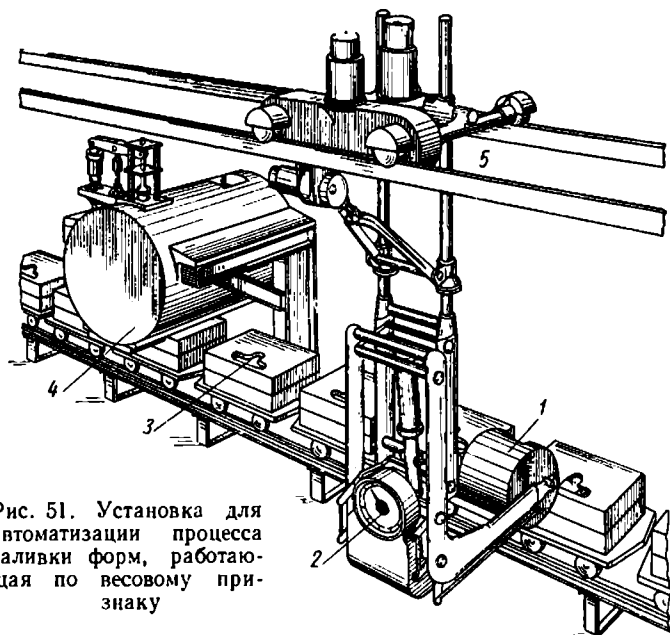


Рис. 51. Установка для автоматизации процесса заливки форм, работающая по весовому признаку

В качестве промежуточного решения комплексной механизации заливки форм на конвейере на рис. 52 изображена установка, работающая в ГДР [122]. Заливка форм производится на карусели. Заливочный механизм представляет собой тележку с электроприводом, на которой находится ковш с жидким металлом. Тележка имеет челночное движение; рабочая скорость ее синхронизирована со скоростью конвейера. Управление ковшом электрифицировано. Нагрузочная карусель состоит из 30 поднимающихся и опускающихся пластин, прижимающих верхние половинки форм при заливке. Движение пластин осуществляется автоматически в зависимости от угла поворота карусели, сопряженной с заливочной ветвью конвейера.

Грузение форм во всех прочих случаях автоматизируется по способу, осуществленному на Харьковском тракторном заводе

и др. В проектах предусмотрен механизированный слив холодного металла из ковшей. В перспективе транспорт жидкого металла от плавильного процесса к местам заливки будет, вероятно, осуществляться по трамбам [16].

Важным обстоятельством, не учитывавшимся в прежних проектах, является обеспечение оптимального режима остывания отливок в формах. Для этого при наличии в одном заливочном потоке разных по массивности отливок должны предусматриваться дифференцированные трассы остывания. Тогда для тонкостенных

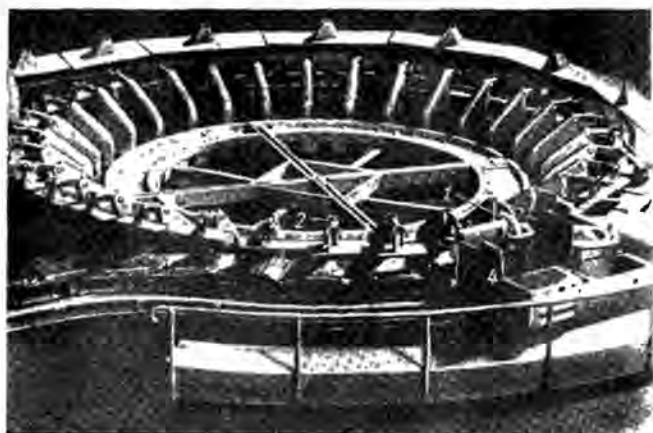


Рис. 52. Установка для механизации процесса заливки форм на конвейере с помощью управляемой тележки:

1 — рукоятка управления ковшем; 2 — прижимная пластина; 3 — поворотный ковш; 4 — тележка

мелких отливок удастся применять наиболее сокращенный цикл остывания, а массивные отливки придется выдерживать в форме до надлежащей температуры.

В одном из проектных решений при изготовлении отливок деталей станков весом 100—500 кг предусматриваются три линии остывания, с продолжительностью процесса 3, 5 и 8 ч. В литейном цехе ковкого чугуна с весом отливок от нескольких граммов до 30 кг оборудованы четыре линии остывания с длительностью процесса от 6 до 25 мин. Конструктивное решение линий остывания определяется общей планировкой цеха.

Во всех проектах в сочетании с транспортерами залитых форм предусматриваются автоматически действующие выбивные машины (по возможности с провалом отливок вниз). Выбор типа выбивных машин, а также способа обратной транспортировки опок определяется общим решением потока.

На рис. 53 показаны два варианта схемы автоматической выбивки форм. При первом варианте отливка захватывается крюч-

ком 4, при втором опока с отливкой переворачивается с помощью шарнирного стола 5 и отливка выпадает при ударе опоки об упор 6. Нижняя опока сдвигается в обоих случаях с конвейера 2 на выбивную решетку 3. Верхняя опока удаляется захватом 1 и выбивается на решетке 3.

Значительный интерес представляют и другие спроектированные и частично введенные в эксплуатацию автоматические линии

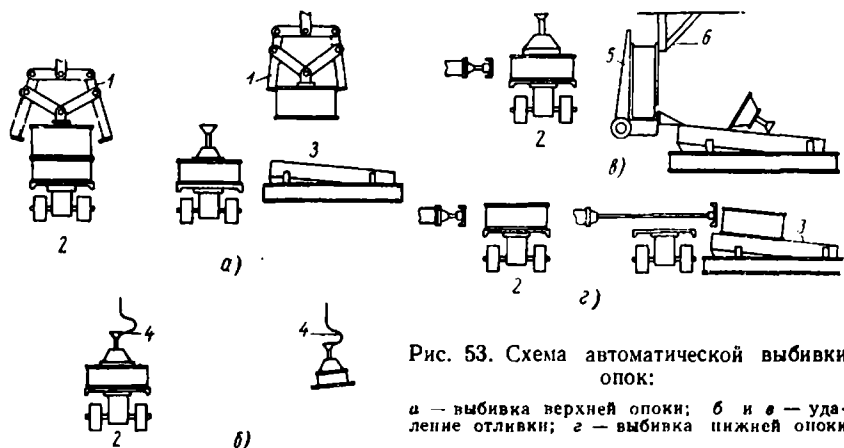


Рис. 53. Схема автоматической выбивки опок:

а — выбивка верхней опоки; б и в — удаление отливки; г — выбивка нижней опоки

со встроенными в них автоматами для изготовления форм, стержней и выбивки опок конструкции различных институтов и заводов, предназначенные для разных типов производства.

## 6. ВЫБОР МЕХАНИЗИРОВАННЫХ СРЕДСТВ ПРИГОТОВЛЕНИЯ И ТРАНСПОРТИРОВАНИЯ ФОРМОВОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Основные отличия проектных решений смесеприготовительного хозяйства и транспорта смесей в специализированных литейных цехах от ранее применявшихся определяются тем, что исходные материалы поступают на склады литейных цехов готовыми для использования; потоки формовки оснащаются специализированными смесеперерабатывающими установками; передача материалов и смесей наряду с механическим осуществляется пневматическим транспортом; предусматривается принудительное охлаждение смесей; управление всеми смесеприготовительными и транспортными агрегатами автоматизируется.

Приемные устройства для песка проектируются из расчета одновременной подачи составов из 10—12 вагонов. Разгрузка вагонов предусматривается в двусторонние приемные устройства с подземными бункерами, оборудованными питателями и конвейерными системами, транспортирующими формовочные пески в закрома склада без дополнительной перегрузки [104, 106, 107].

Длина устройства может быть рассчитана на одновременную разгрузку одного вагона (точечная разгрузка) или нескольких вагонов с последовательным их проталкиванием.

Склады проектируются с ленточными транспортерами по схеме, представленной на рис. 54, или с отдельно стоящими бункерами (типа силосных башен). В обоих случаях исключается применение грейферов и мостовых кранов и достигается максимальное использование объема зданий.

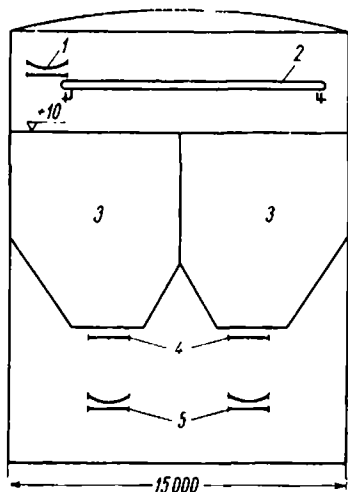


Рис. 54. Склад для песков (в разрезе):

1 — транспортер от приемных устройств, 2 — перемещающийся ленточный распределитель, 3 — бетонные закрома, 4 — питатели, 5 — транспортеры в смесеприготовительное отделение

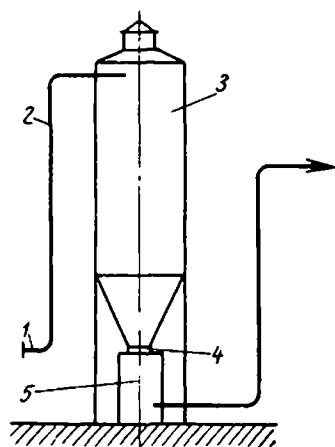


Рис. 55. Схема пневмотранспорта материала в силос:

1 — мундштук, 2 — труба; 3 — силос; 4 — дозатор, 5 — нагнетатель

Могут предусматриваться приемные устройства с пневмоотсосом, передающим песок по трубам в закрома [248]. Подобная схема изображена на рис. 55. Здесь песок через мундштук и трубу под давлением поступает в силос, снабженный фильтром для выпуска воздуха. Под силосом расположен дозатор, питающий нагнетатель [233].

При необходимости сушки песков в транспортный поток рекомендуется встраивать пневмосушильное устройство [120]. В качестве примера на рис. 56 приведена схема подобной установки, работающая на Новочеркасском электровозостроительном заводе [39]. Производительность тарельчатого питателя 7, установленного под приемным бункером 6, регулируется в зависимости от влажности песка: чем больше влажность, тем меньше подача. При помощи шнека 8 влажный песок равномерно подается в трубу 2 сушила, где он подхватывается потоком горячего воздуха,

нагнетаемого вентилятором 9, и выносится вверх. В сепараторе 5 под действием резкого снижения скорости и изменения направления движения воздушного потока отделяется и отводится по спускной трубе 3 высушенный песок. Воздух выбрасывается в атмосферу через трубу 4.

Сушильное устройство работает на природном газе, который сжигается в инжекционной горелке 1. Горелка работает при давлении газа 0,5 атм.

Смесь воздуха и продуктов горения природного газа подается вентилятором в сушильную трубу при 200—250° С. Производительность сушила 2—3,5 т сухого песка в час, в зависимости от его влажности. Расход природного газа 10 м<sup>3</sup> на 1 т песка; это в 2—3 раза меньше, чем в барабанных сушилках.

Применение глины предусматривается в порошкообразном и эмульгированном виде: получение от поставщиков глин и бентонитов учитывается в порошкообразном состоянии. Транспорт для перемещения всех порошкообразных материалов в смесеприготовительное отделение предусматривается пневматический, жидкостных — гидравлический, по трубам.

В качестве основного смешивающего агрегата для формовочных и стержневых смесей в проектах предусматриваются бегунные смесители надлежащих размеров. Дозировка смесей во всех смесеприготовительных системах применяется весовая. Схема автоматической смесеприготовительной установки с весовой дозировкой показана на рис. 57 [209].

При автоматизации смесеприготовления датчиками увлажнения служат температура и влажность выбитой смеси. При разных смесях автоматизация их приготовления осуществляется с помощью перфорированных карт. Заложённая в щит управления карта автоматически регулирует подбор и количество составляющих под действием импульсов, управляющих вибраторами, насосами и весами. Смесь постепенно добавляется в бункер весов до момента, когда разница между требуемой порцией и количеством поступившей в бункер смеси оказывается равной 5%.

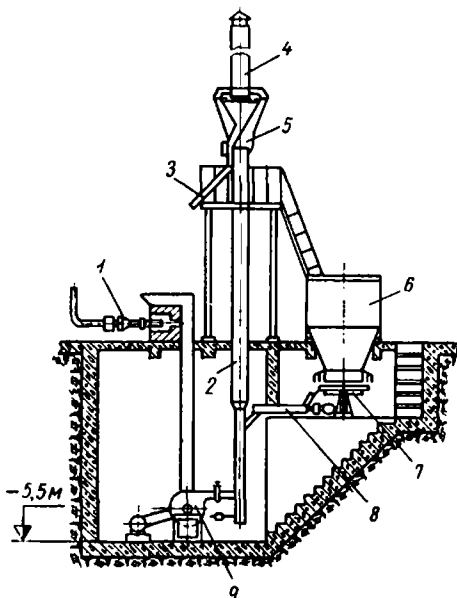


Рис 56. Схема пневмосушильной установки

Вследствие значительно возрастающей интенсивности производственного цикла и увеличения металлоемкости форм, а также повышенных в связи с применением химически твердеющих смесей требований к температуре смеси в потоке выбитой смеси предусматривается установка искусственного охлаждения [173].

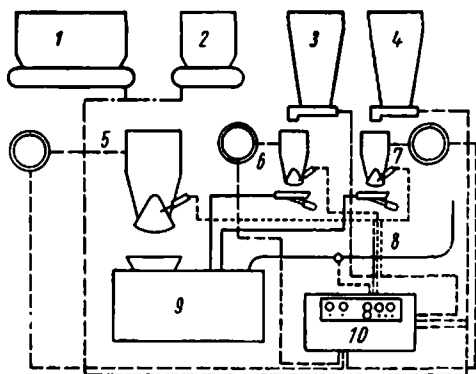


Рис. 57. Схема автоматической смесеприготовительной установки:

1, 2, 3 и 4 — бункера соответственно для выбитой смеси, свежего песка, угольной пыли, молотой глины; 5, 6 и 7 — устройства для взвешивания соответственно выбитой смеси и свежего песка, угля, глины; 8 — линия подачи воды; 9 — смесители; 10 — щит пульта управления

На рис. 58 показана схема системы охлаждения конструкции института Гипростанок, основанной на увлажнении смеси автоматически регулируемым количеством воды. Такая установка позволяет снизить температуру выбитой смеси до  $30^{\circ}\text{C}$ . Производительность установки 25  $m^3/ч$ . Схема другой системы охлаждения, основанной на том же принципе, показана на рис. 59 [152].

В проектах, разрабатываемых в настоящее время, в качестве основного транспорта для перемещения выбитой и готовой смеси предусматривается механический. Однако в проектах необходимо

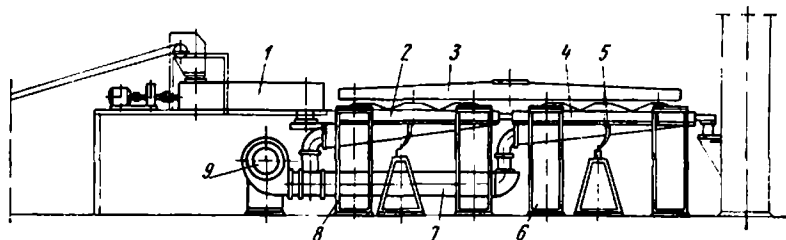


Рис. 58. Установка для охлаждения выбитой смеси:

1 — увлажнитель; 2 — начальная секция; 3 — вытяжной зонт; 4 — конечная секция; 5 — вибропривод; 6 — опора передняя; 7 — воздуховод; 8 — опора задняя; 9 — вентиляторная установка

предусматривать приспособленность здания к переходу на пневматический транспорт, форма использования которого в крупных потоках сейчас продолжает исследоваться. Одним из возможных путей перехода на пневмотранспорт готовых смесей может явиться повышение текучести смесей, что достигается путем смешивания

транспортируемых смесей и сжатого воздуха в определенном соотношении.

На основании отечественного и зарубежного опыта в качестве основного вида пневматического транспорта выбитой формовочной смеси и других пылящих материалов рационален транспорт, действующий под разрежением, а для готовых формовочных и стержневых, т. е. увлажненных смесей, — транспорт, действующий под напором [57, 116, 214, 257].

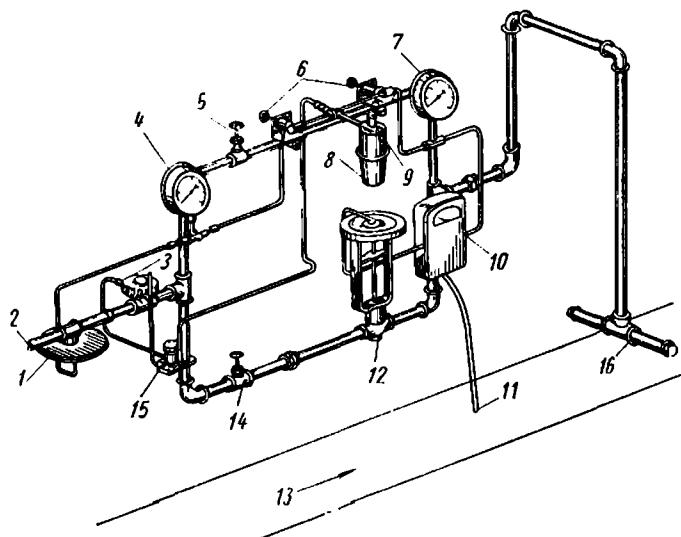


Рис. 59. Схема установки для охлаждения смеси увлажнением:

1 — регулятор давления воды; 2 — линия подачи воды; 3 — пневматический клапан выключения подачи воды; 4 — указатель давления (0—2 атм); 5 — клапан; 6 — регулятор давления воздуха; 7 — указатель давления (0—4 атм); 8 — воздушный фильтр; 9 — линия подачи воздуха; 10 — указатель температуры выбитой смеси; 11 — термометр; 12 — воздушный клапан; 13 — транспортер; 14 — шаровый клапан; 15 — соленоидный воздушный клапан; 16 — увлажнитель

Схема устройства для пневматической транспортировки смеси под напором приведена на рис. 60. Внедрение пневмотранспорта способствует улучшению санитарно-гигиенических условий труда в цехах. Трубопроводы могут проходить вертикально, наклонно, обходить оборудование и стены; крепление их к колоннам и балкам просто и не требует специальных устройств.

На рис. 61 представлена схема камерного насоса для пневматической транспортировки материала [85]. Камерный насос представляет собой цилиндрический резервуар с конической частью внизу. Запорный клапан насоса имеет вид качающейся крышки, чтобы влажная формовочная или стержневая смесь не застревала в узком кольцевом зазоре. Для приведения транспортируемого материала во взвешенное состояние воздух подводится

На участок  
крупных форм

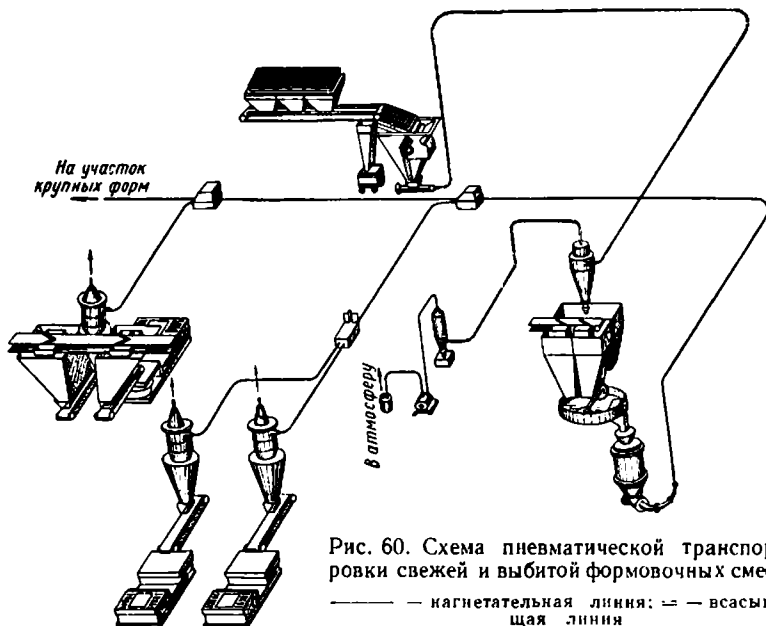


Рис. 60. Схема пневматической транспортировки свежей и выбитой формовочных смесей:

— — нагнетательная линия; - - - всасывающая линия

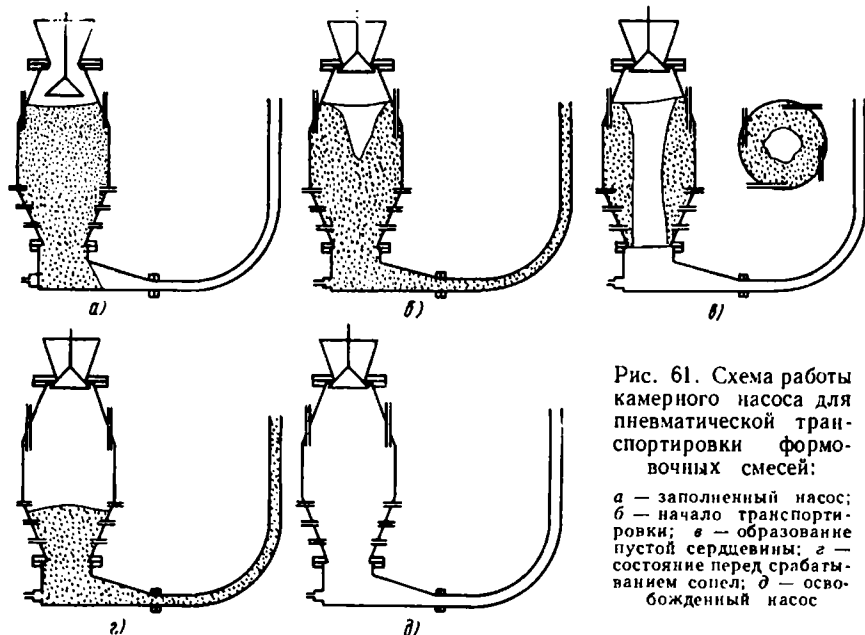


Рис. 61. Схема работы камерного насоса для пневматической транспортировки формовочных смесей:

а — заполненный насос; б — начало транспортировки; в — образование пустой сердцевинки; г — состояние перед сбратыванием сопел; д — освобожденный насос



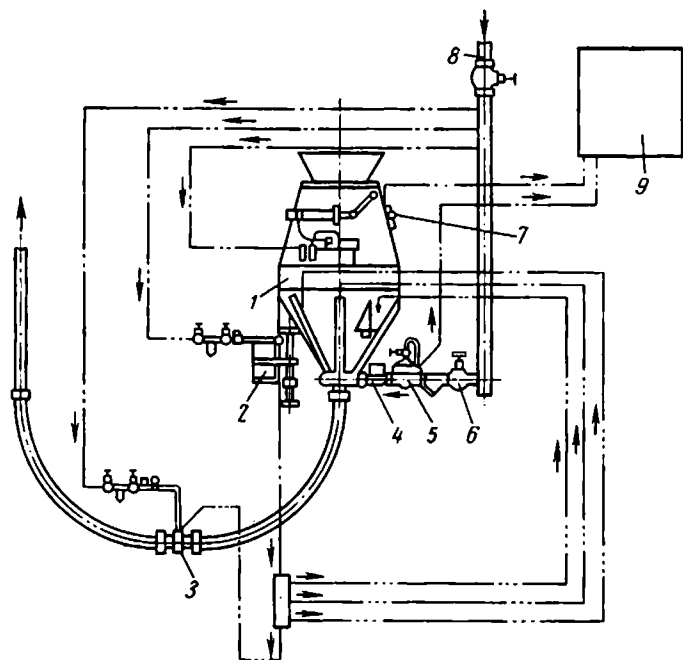


Рис. 62. Схема спирального пневматического транспортера:

1 — резервуар-транспортер; 2 — цилиндр для смазки; 3 — побудитель движения; 4 — главный клапан; 5 — редукционный клапан; 6 — впускной вентиль; 7 — трехходовой кран с очисткой; 8 — воздухопровод; 9 — лульг управления; — — — — — воздухопровод, питающий смазочный резервуар; — — — — — труба, связывающая манометры с электрокипкой

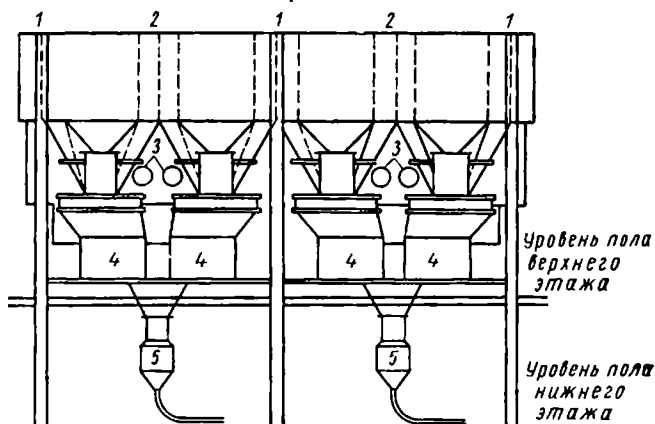


Рис. 63. Схема установки с камерным насосом для приготовления стержневых смесей (разрез):

1 — емкости для жидких связующих; 2 — бункера для песков и сухих связующих; 3 — устройства для взвешивания составляющих смеси; 4 — смесители; 5 — камерные насосы

в насос на нескольких уровнях тангенциально. Давление воздуха 5—6 атм.

Представляет значительный интерес спиральная система пневмотранспорта формовочных и стержневых смесей [204]. Схема ее представлена на рис. 62. Система состоит из пяти главных элементов: резервуар-транспортёр, трубопроводы, побудители, переводные устройства, приемники. Особенностью системы является то, что сжатый воздух и смесь по всей трассе находятся во вращательном движении. Такое движение создается специальной конструкцией резервуара-транспортёра и поддерживается затем побудителями, расположенными в надлежащих местах трубопровода. Тем самым износ стенок трубопровода значительно уменьшается. Оптимальное давление сжатого воздуха 2,5—4 кг/см<sup>2</sup>. Резервуар транспортёр может располагаться под бегунами и работать в том же темпе, что и они. Управление всей системой централизованное, с пульта.

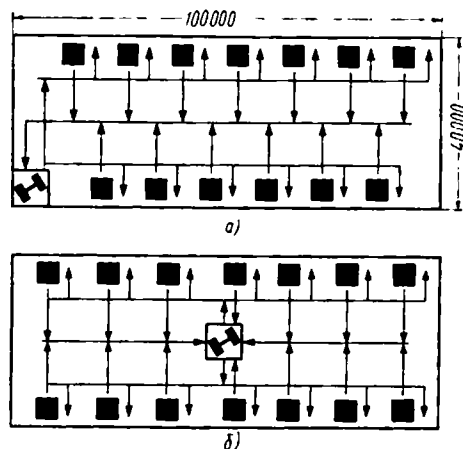


Рис. 64. Варианты размещения установки для приготовления смесей:

а — вне формовочного отделения; б — в центре формовочного отделения

перемещения материала на 100 м составляет 20—22 м<sup>3</sup>; скорость движения пакета 50 м<sup>3</sup>.

На рис. 63 показана смесеприготовительная установка в сочетании с камерным насосом.

Недостатком пневматического транспорта по сравнению с механическим является несколько больший расход электроэнергии, большой износ трубопроводов и большие габариты по высоте в местах приемки и выдачи материала. Так, на Киевском заводе станков-автоматов стоимость транспортировки готовой смеси на 1 т годных отливок составляет, по данным расчетов, при механическом транспорте 8,8 коп., а при пневматическом 17,8 коп. Вместе с тем благодаря цикличности режима пневмоустановки целесообразны для транспортировки к рабочим местам различных смесей. Примером может служить осуществленное на заводе Форд распределение стержневых смесей по 37 рабочим местам.

В ряде случаев весьма компактные решения могут быть достигнуты сочетанием в одной транспортной системе механических и пневматических средств. Такие комбинированные транспортные

системы могут рекомендоваться в случаях подсоединения новой системы к уже существующей или при расположении смесеприготовительной установки вдали от мест потребления.

Герметичность новых конструкций смесителей и интенсификация охлаждения выбитой смеси позволяет изменить традиционное расположение смесеприготовительных и формовочных и стержневых отделений путем меньшей изоляции первых, сблизить их, что во многом сократит транспортные связи.

О достигаемом при центральном расположении смесеприготовительных отделений сокращении грузооборота можно судить по рис. 64, где представлено два варианта смесеприготовительной установки. Если в первом случае грузооборот при часовом количестве смеси 50 *t* и средней протяженности транспорта 70 (20 + 50) *м* составляет 3500 *тм*, то во втором, когда средняя протяженность транспорта составит (10 + 25) *м*, грузооборот будет равен 1750 *тм* [217].

## 7. МЕХАНИЗАЦИЯ ОПЕРАЦИЙ ОБРУБКИ И ОЧИСТКИ ОТЛИВОК

Основной тенденцией в проектировании обрубных отделений является стремление к освобождению их от всех операций очистки, связанных с удалением большего количества песка и других формовочных материалов. Поэтому на все проектируемые цехи рекомендуется распространить практику передовых цехов массового производства, в которых отливки подаются в обрубочно-очистное отделение освобожденными от стержней.

Участок освобождения отливок от стержней целесообразно размещать в выбивных отделениях или в специально выделенных промежуточных помещениях.

Учитывая трудоемкость и вредность операции освобождения отливок от стержней и пригоревшего слоя формовочного материала, рекомендуется в большинстве случаев литья в песчаные формы пропускать отливки через гидравлические очистные устройства. Конструкция устройства может варьироваться в зависимости от специализации производства и размера отливок. Так, для крупных отливок используются тупиковые и проходные камеры периодического действия. Габариты камер определяются наибольшим размером отливок.

В типовом ряду камер (разработан институтом Гипростанок в Ленинграде и осуществлен на ряде заводов) насчитывается шесть типоразмеров: 3×3 *м* для отливок весом до 5 *t*, 4×4 и 6×4 *м* для отливок до 30 *t*, 8×5 и 10×5 *м* для отливок до 50 *t* и 16×6 *м* для отливок до 100 *t*.

В комплект каждой установки наряду с гидрокamerой входят насосные станции высокого и низкого давления, отделение регенерации песка и осветления воды [38].

Мощность насосных станций обуславливается необходимой производительностью. Типовых насосных станций четыре: для очистки

в течение 1 ч соответственно 1—1,5; 2—2,5; 3—3,5; 4—4,5 т отливок. Камеры могут сочетаться с насосными станциями в различных вариантах. Отделения регенерации песка и осветления воды также бывают четырех типов со следующей пропускной способностью:

Регенерированный песок в т/ч	1—2	2—3	3—4	4—5
Осветленная вода в м <sup>3</sup> /ч . . .	30	45	65	90

Принципиальная схема комплексной системы гидроочистки отливок приведена на рис. 65. Рабочее давление струи 100 атм, что соответствует скорости истечения из сопла 90—100 м/сек.

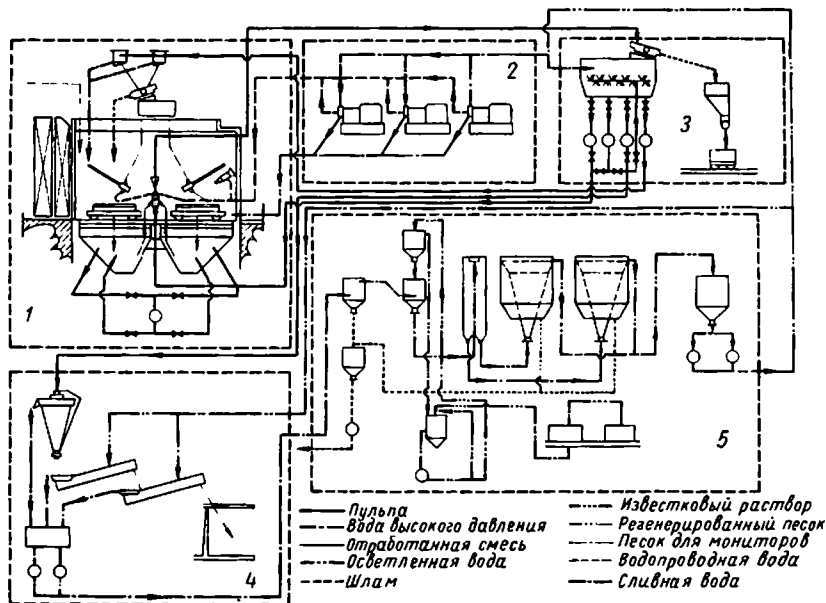


Рис. 65. Схема комплексной установки для гидроочистки отливок:

1 — гидрокамера; 2 — насосы высокого давления; 3 — насосы низкого давления; 4 — отделение регенерации песка; 5 — отделение осветления воды

Для очистки мелкого сложного литья весом до 100 кг разработана проходная гидрокамера, в которой отливки очищаются в корзинах на вращающихся подвесках конвейера (рис. 66). Движение конвейера пульсирующее. При каждом перемещении конвейера на один шаг четыре корзины одновременно останавливаются против четырех гидромониторов. Подвески вращаются, а гидромониторы, поворачиваясь вверх и вниз, очищают отливки. Продолжительность очистки можно регулировать. При следующем шаге цикл повторяется; таким образом отливки, пройдя гидрокамеру, четыре раза проходят цикл очистки.

Подобные проходные камеры могут представлять существенный интерес для очистки и таких отливок, как блоки автотурбинных двигателей и т. п.

Представляет интерес гидрокамера роторного типа для очистки средних отливок. Здесь почти исключается потеря времени на

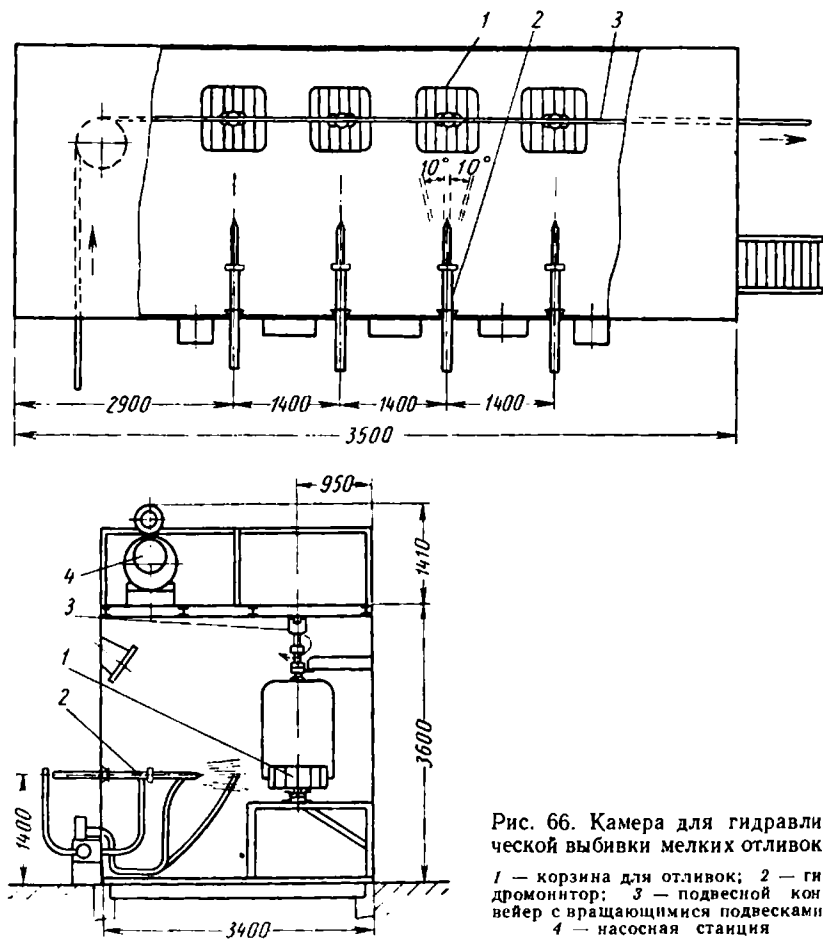


Рис. 66. Камера для гидравлической выбивки мелких отливок:

1 — корзина для отливок; 2 — гидромонитор; 3 — подвесной конвейер с вращающимися подвесками; 4 — насосная станция

вспомогательные операции по загрузке и разгрузке отливок. Интенсификация гидроочистки достигается увеличением давления струи воды, а также применением в струе абразива; при этом интенсификация тем больше, чем выше удельный вес абразива (желательно свыше  $3 \text{ Г/см}^3$ ).

По опыту зарубежных заводов подмешивание в струю песка увеличивает производительность гидроочистки на 20—25%, а при использовании шамота она возрастает еще больше.

Для ускорения процесса сушки отливок после гидроочистки рекомендуется устройство экранов для обдувки нагретым воздухом, а также устройство специальных камер с насосами для откачки воды из внутренних полостей отливок и с электрокалориферами и вентиляторами для сушки отливок.

В проекте государственного стандарта «Камеры водоструйные периодического действия» камеры приняты квадратными для возможности вращения отливок на тележках следующих размеров:

Размер камер в м	2,5×2,5	3×3	4×4	5,5×5,5	7,5×7,5	10×10	13×13
Производительность камер в т/ч	4	5,3	7,1	9	11,8	16	21,2

Принятие такого стандарта позволит устранить разнობой в применении насосных станций и отделений регенерации и организовать централизованное изготовление камер на специализированных заводах.

В последнее время получают распространение гидравлические установки для выбивки стержней с помощью электрогидравлического эффекта. Сущность его заключается в том, что импульсные электрические разряды, которые происходят между электродом и отливкой в воде, создают мощные ударные волны и механическое перемещение слоев жидкости, которое, распространяясь от оси разряда, создает гидравлический удар.

Эта энергия используется для полезной работы разрушения и удаления стержней и отработавшей смеси с поверхности отливок. Производительность таких установок в зависимости от их размеров имеет широкий диапазон: от 1,5 до 40 т/ч. Однако установки имеют ряд недостатков (отсутствие современных средств удаления выбитой смеси из рабочей емкости, значительный шум при работе и др.) и поэтому нуждаются в дальнейших доработках и отладке. Установки подобного типа могут быть особенно перспективными для очистки и выбивки стержней из сложных отливок с внутренними полостями, обработка которых в гидрокамерах затруднительна.

На рис. 67 представлена электрогидравлическая установка конструкции ПКБЭ.

Основной тенденцией сокращения трудоемкости операций очистки и отделки отливок является изготовление формы с чистой поверхностью и получение отливок без заусенцев, заливов и т. д. Только при этих условиях может быть создан стабильный объем обрубно-очистных работ, без чего практически невозможна механизация процессов.

Очистка поверхностей отливок рекомендуется во всех случаях дробеметным способом. Исключение составляют точные отливки с особо чистой поверхностью или с труднодоступными внутренними полостями, например масляными каналами, и т. п. В этих случаях предусматривается так называемая электрохимическая

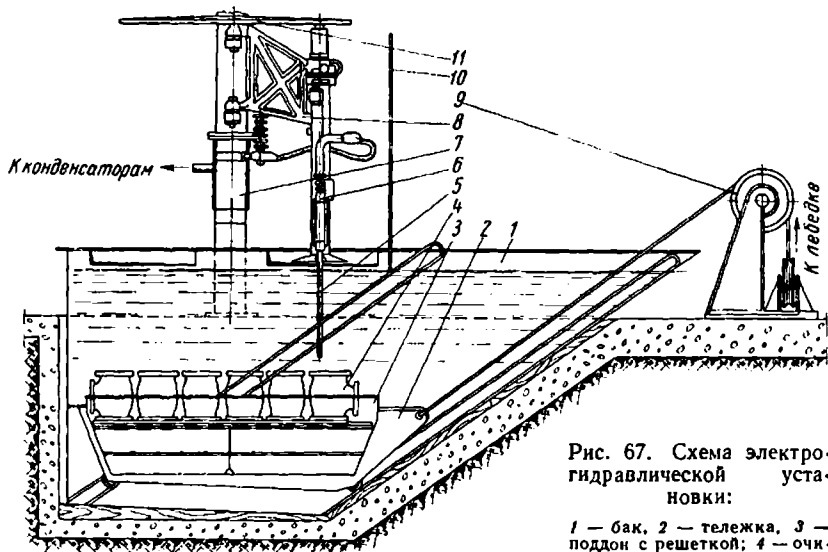


Рис. 67. Схема электрогидравлической установки:

1 — бак, 2 — тележка, 3 — поддон с решеткой; 4 — очищаемые отливки; 5 — электрод; 6 — механизм перемещения электрода; 7 — шаровой разрядчик; 8 — шарнирно-копирующее устройство, 9 — направляющие блоки, 10 — ограждение; 11 — копир-шаблон

1 — кипятильник, 2 — участок предварительной очистки погружением; 3 — участок ультразвуковой очистки; 4 — участок сушки паром; 5 — водяная рубашка, 6 — сток конденсата; 7 — генератор ультразвуковых колебаний

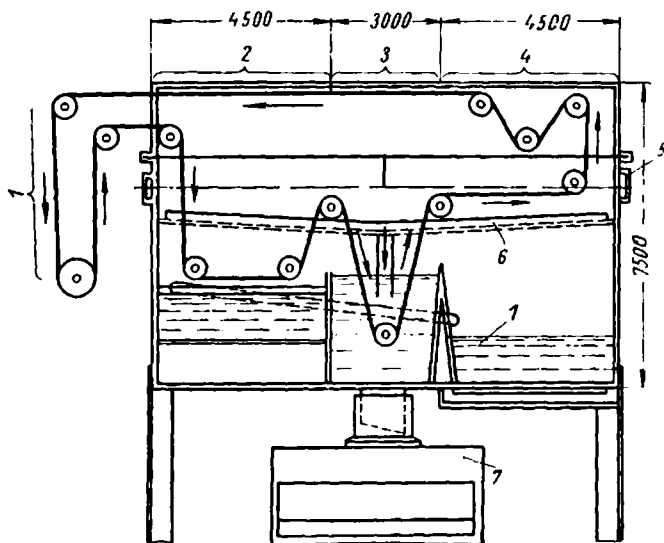


Рис. 68. Схема агрегата для очистки отливок с помощью ультразвука:

1 — кипятильник, 2 — участок предварительной очистки погружением; 3 — участок ультразвуковой очистки; 4 — участок сушки паром; 5 — водяная рубашка, 6 — сток конденсата; 7 — генератор ультразвуковых колебаний

очистка — выдержка отливок в ваннах с расплавленной каустической содой. Отливки гидроаппаратуры весом 15—20 кг выдерживают в ванне 10—15 мин.

На рис. 68 приведена схема комбинированной установки для очистки поверхностей мелких точных отливок с помощью ультразвука с предварительным обезжириванием их паром [32].

Обработка и зачистка отливок проектируется на универсальных и специальных станках в зависимости от профиля специализации. При крупносерийном и массовом производстве для механизации этих операций предусматриваются специальные абразивные автоматы и полуавтоматы типа примененных на Горьковском автомобильном заводе. Подобные автоматы для зачистки трубчатых и коробчатых отливок деталей автомобилей и т. д. имеют устройства для переналадки и являются как бы продолжением специализированных потоков формовки [42].

Достаточно проверенных машин для обрубно-зачистных работ, которые можно рационально использовать при мелкосерийном характере производства, пока нет.

## **8. ОСНОВНЫЕ ОБЪЕМНО-КОМПОНОВОЧНЫЕ, СТРОИТЕЛЬНЫЕ И САНИТАРНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ПРОЕКТОВ**

Компоновочно-строительные решения должны обеспечивать удобное взаиморасположение отдельных частей цехов с учетом последовательности технологического процесса, кратчайшие транспортные коммуникации, локализацию участков с пыле- и тепловыделениями. Здание цеха должно быть компактным и вместе с тем отвечать санитарно-гигиеническим требованиям [26].

Многоступенчатость литейной технологии, большие грузопотоки, значительные газо- и тепловыделения делают задачу компоновки литейных цехов сложной и не имеющей однозначного решения [26, 236]. Одним из наиболее принципиальных вопросов компоновки является вопрос о том, какие сооружать здания: многопролетные со сплошной застройкой или неглубокие с развитым периметром внешних стен. Решение во многом связано с выбором способа вентилирования и освещения помещений цеха [47].

На основании специального исследования Института охраны труда ВЦСПС, подтвержденного эксплуатационными данными, установлено, что содержание окиси углерода и других вредных газов в цехах с развитым периметром, в частности П-образных, значительно меньше, чем в прямоугольных или квадратных [12, 13]. В соответствии с таким выводом специализированные литейные цехи рекомендуется проектировать в пределах ширины, допускающей эффективное сочетание механической вентиляции с аэрацией. Соответственно одной из положительных характеристик, свидетельствующих о пригодности здания для литейного





В 1945—1955 гг. характерным типом зданий крупных литейных цехов являлись П-образные здания. Таков литейный цех завода автоматических линий в Минске мощностью 10 000—15 000 *t* (см. рис. 18); чугунолитейные цехи, построенные на Ивановском и Ульяновском станкостроительных заводах, мощностью по 30 000—35 000 *t* (рис. 70); запроектированные литейные цехи

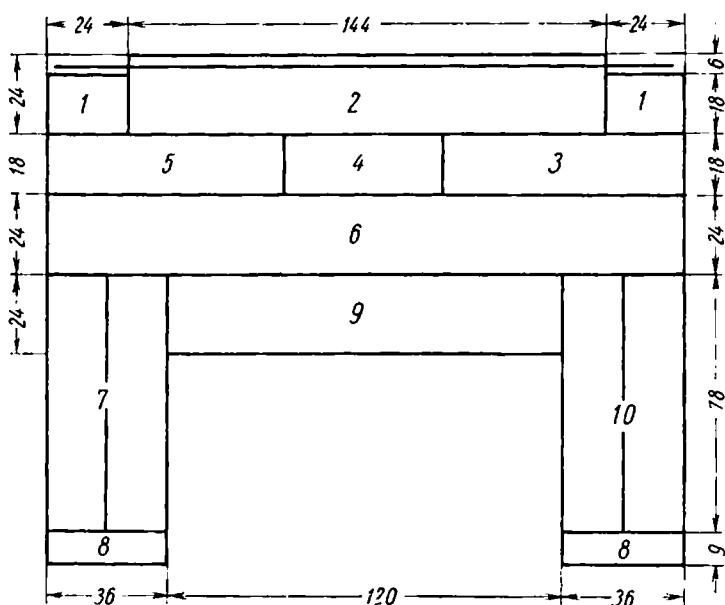


Рис. 70. Компонировочная схема чугунолитейного цеха завода тяжелых станков (г. Ульяновск):

1 — смесеприготовительное отделение, 2 — склад шихтовых и формовочных материалов; 3 — отделение подготовки производства, 4 — чугуноплавильное отделение, 5 — сталелитейное отделение, 6 — отделение формовки крупных отливок; 7 — обрубное отделение; 8 — бытовые помещения, 9 — отделение формовки средних и мелких отливок, 10 — стержневое отделение

ряда намечавшихся к строительству литейных заводов-станколитов, предназначенных для обеспечения отливками станкостроительных предприятий (рис. 71).

Следует отметить, что принцип «гребенчатости» допускает в ряде случаев компоновочное решение цехов разной мощности путем блокировки. Пример подобной блокировки зданий литейных цехов при мелкосерийном изготовлении чугунных отливок приведен на рис. 72, где *A* — цех на выпуск 15 000—20 000 *t* отливок в год весом до 100 кг с двумя конвейерами легкого типа; *B* — цех для выпуска аналогичных отливок, но в количестве 8000—10 000 *t/год* с одним конвейером; соответственно схема блокировки 1 рассчитана на годовой выпуск 25 000—35 000 *t*

отливок в год весом до 100 кг; цехи В и Г — зеркальные отображения одного и того же цеха для выпуска 12 000—15 000 т отливок в год весом 100—1000 кг с одним конвейером среднего типа;

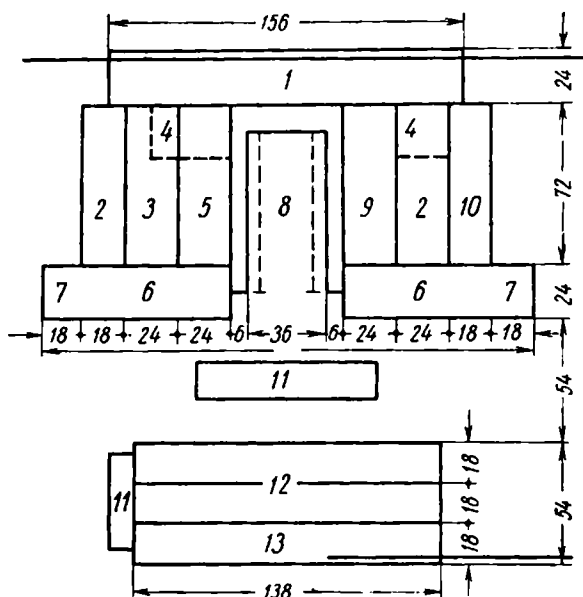


Рис. 71. Компонентная схема чугунолитейного корпуса станколита (проект):

1 — склад шихтовых и формовочных материалов, 2 — склад оснастки (1-й этаж) и стержневое отделение (2-й этаж), 3 — отделение формовки крупных отливок; 4 — плавильное отделение; 5 — отделение сборки и заливки крупных форм; 6 — отделение выбвнки и очистки; 7 — смесеприготовительное отделение, 8 — астакада; 9 — отделение формовки средних отливок; 10 — отделение формовки мелких отливок; 11 — бытовые помещения, 12 — обрубное и грунтовоочное отделения, 13 — экспедиция

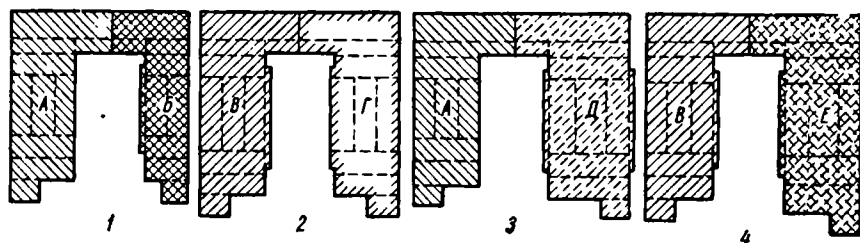


Рис. 72. Схема блокировки зданий литейных цехов при мелкосерийном производстве

их сочетание (схема 2) обеспечивает выпуск 25 000—30 000 т отливок в год этого развеса; Д — цех на выпуск 20 000—25 000 отливок в год весом до 1000 кг с одним конвейером легкого и одним среднего типа. Схема 3 — это сблокированный цех с производ-

ством 35 000—40 000 *t* чугуновых отливок в год весом до 1000 кг (в том числе 15 000—20 000 *t* мелких и 12 000—15 000 *t* средних); *E* — цех с годовым выпуском 15 000—20 000 *t* отливок весом 1—5 *t* с одним конвейером тяжелого типа; схема 4 — это блок на годовой выпуск 30 000—35 000 *t* отливок весом 100—5000 кг. Возможны и другие сочетания.

Выполненный при проектировании Тихвинского литейного завода сравнительный анализ эффективности блокировки в одном здании цехов мелкого, среднего и крупного чугунового литья и мелкосерийного стального литья показал, что:

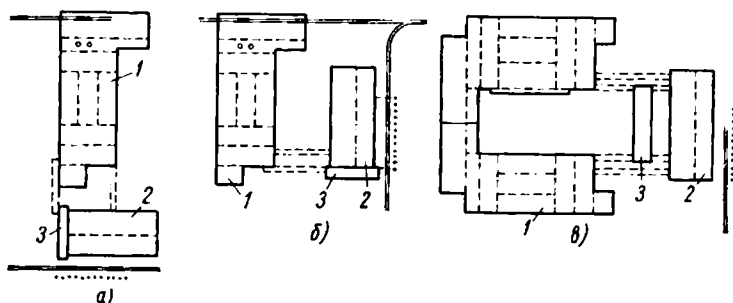


Рис. 73. Схемы блокировки литейных корпусов и корпусов для обрубки отливок:

1 — литейный корпус; 2 — обрубной корпус; 3 — бытовые помещения

срок окупаемости капитальных вложений при строительстве цехов в одном блоке и при размещении в отдельных корпусах примерно одинаков;

здание сблокированных цехов, приближающееся в плане к квадрату (264,8 × 300,0 м), не обеспечивает естественного освещения и естественной аэрации и создает чрезвычайно тяжелые условия труда рабочих;

рациональное решение вопросов искусственной вентиляции в сблокированном здании является очень сложной задачей, а расходы по ее эксплуатации значительно выше, чем при расположении цехов в отдельных корпусах;

блокировка цехов приведет к увеличению сроков строительства, а также к частичному временному омертвлению капиталовложений при поочередном введении мощностей.

Таким образом можно считать, что объединение в одном блоке нескольких и без того крупных литейных цехов ни по санитарно-гигиеническим соображениям, ни экономически нецелесообразно.

Однако возможна блокировка, предусматривающая объединение зданий по производственному принципу без непосредственного смыкания. Для примера на рис. 73 представлены схемы блокировки литейных корпусов и корпусов для обрубки и очистки

отливки с последовательным (рис. 73, а), параллельным (рис. 73, б) и последовательно-параллельным расположением блокированного литейного корпуса и обрубного корпуса (рис. 73, в).

В настоящее время при проектировании цехов типового ряда с учетом отдельно стоящих складов наиболее характерным компоновочным решением являются вытянутые трехпролетные здания со значительным отношением длины к ширине.

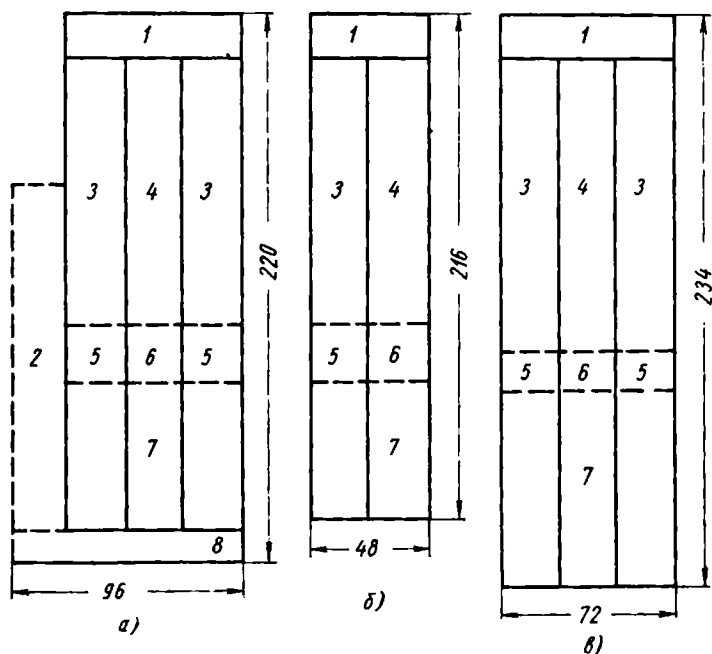


Рис. 74. Компоновочная схема типового блока чугунолитейных цехов мелкосерийного производства мощностью 80 000 т отливок в год:

а — для крупных отливок; б — для мелких отливок; в — для средних отливок; 1 — плавильное отделение; 2 — эстакада; 3 — формовочное отделение; 4 — стержневое отделение; 5 — выливное отделение; 6 — смесеприготовительное отделение; 7 — обрубное отделение; 8 — бытовые помещения (в цехах б и в они размещаются в первых этажах в крайних пролетах)

Наличие во всех специализированных цехах четких потоков позволило применить указанное компоновочное решение к цехам как массового, так и мелкосерийного производства, в том числе к цехам, изготавливающим крупные отливки.

На рис. 74 показаны компоновочные решения трех цехов, входящих в специализированный блок мелкосерийного чугунолитейного производства мощностью 80 000 т/год.

Приведенные компоновочные схемы, обеспечивающие значительный периметр здания, обосновывались главным образом

необходимостью улучшения условий вентилирования. Однако и технологическим особенностям литейного производства наиболее соответствует компоновка литейных цехов с развитым периметром стен. Для изготовления отливок требуется большое количество материалов, которые должны подводиться к разным рабочим местам. Для этого необходимы стены с соответствующими въездами или широкие внутренние проезды, требующие дополнительной площади и пересекающие рабочие потоки. Поэтому при проектировке литейных цехов целесообразно предусматривать развитый периметр внешних стен, чтобы трассы транспорта внутри цехов были кратчайшими.

Во всех случаях планировочных решений цехов должны обеспечиваться достаточные габариты для размещения оборудования и необходимые проходы и проезды.

Наряду с компоновкой зданий цехов в плане подлежит решению и вопрос об этажности зданий.

Интенсификация специализированных потоков обуславливает большую концентрацию транспортных систем, устройств приточной и вытяжной вентиляции, приборов автоматического контроля и управления, промразводок и коммуникаций. Кроме того, в цехах с мелкосерийным характером производства возникают потоки оснастки.

Для сочетания перечисленных элементов оказывается удобным сопрягать горизонтальные потоки, проходящие в разных уровнях. В то же время следует избегать больших дорогостоящих подземных сооружений.

Известен ряд примеров многоэтажных литейных цехов за рубежом, например трехэтажный цех литья в металлические формы фирмы Холлей (США), расположенная на пятом этаже рольганговая меднолитейная фирмы Цинциннати (США), двухэтажный чугунолитейный цех фирмы Темза (Англия) и др.

В ЧССР спроектирован цех для литья 20 000 *t* фитингов в год, расположенный в четырехэтажном здании, где на верхнем этаже расположены вагранки, формовочно-заливочные и стержневое отделения, на третьем этаже — выбивное отделение, склад оснастки, ремонтная мастерская, на втором этаже — очистное отделение и на первом — смесеприготовительное отделение и экспедиция. Нагрузка на полы принята в этом цехе 1 *t/m*<sup>2</sup>.

Создание первого двухэтажного цеха серого чугуна на Автозаводе им. И. А. Лихачева относится к середине 30-х годов. К этому же периоду относится создание проекта двухэтажного литейного цеха для изготовления отливок из серого чугуна на Горьковском автозаводе. Анализ показал, что в условиях конвейерных литейных с прямыми и возвратными потоками, с уборочными и другими транспортерами стоимость подземных сооружений мало отличается от стоимости двухэтажного здания. Это можно проиллюстрировать следующим примером из практики строительства

Технико-экономические показатели литейных цехов

Показатели	Цехи	
	Одноэтажный (Нижне-Тагильский завод отопительного оборудования)	Двухэтажный (Колпинский завод Сантехарматура)
Годовой выпуск отливок в тыс. <i>т</i>	72	36
Объем цеха в тыс. $m^3$ . . . . .	98 040	54 000
Объем задания в $m^3$ , приходящийся на 1 тыс. <i>т</i> выпуска . . . . .	1360	1500
Стоимость здания, приходящаяся на 1 $m^3$ , в руб. . . . .	7	7,3
Стоимость строительства в тыс. руб. на 1 <i>т</i> годового выпуска . . . . .	9,6	10,9

механизированных литейных цехов для изготовления отопительных радиаторов (табл. 75).

Несомненны экономические преимущества многоэтажного решения при высоком уровне грунтовых вод, как, например, на участках строительства литейного цеха на ЗИЛе и литейного цеха фирмы Темза. Для других случаев получение экономического эффекта пока оспаривается: по мнению одних, он бесспорен, по мнению других, двухэтажные здания должны обходиться на 15—20% дороже одноэтажных.

Однако выполненное сопоставление стоимости строительства одно- и двухэтажных зданий типовых цехов убедительно показывает, что стоимость двухэтажных зданий оказывается во всех случаях дешевле, чем одноэтажных.

Так, стоимость типового цеха крупного литья при двухэтажном исполнении оказалась дешевле на 11%, чем одноэтажный вариант. Стоимость же цеха среднего литья дешевле на 14%. Аналогичны данные и по цеху мелкого литья. Такое удешевление достигается за счет лучшего использования объема и высоты здания, а также отказа от дорогостоящих подземных сооружений.

Однако следует иметь в виду, что целесообразность решений двухэтажных зданий литейных цехов определяется не только и не столько стоимостью сооружений, сколько созданием эксплуатационных условий, способствующих большей эффективности производства. Поэтому для конвейерных литейных цехов, изготовляющих отливки весом до 100—200 кг (чему соответствует нагрузка на перекрытия, не превышающая  $2 m/m^2$ ), двухэтажные решения могут рассматриваться как типовые. При большем весе отливок (в пределах 5 *т*) оправдало себя смешанное проектное решение с двухэтажным средним пролетом. На втором этаже пролета располагается стержневое отделение, а на первом —

склады оснастки и стержней. Так как обычно в подобных цехах отливки изготавливаются мелкими сериями, такое объемное решение способствует кратчайшей подаче оснастки ко всем рабочим местам.

На рис. 75 показана схема поперечных размеров цехов, составляющих типовой блок мощностью 80 000 т отливок в год (см. рис. 74).

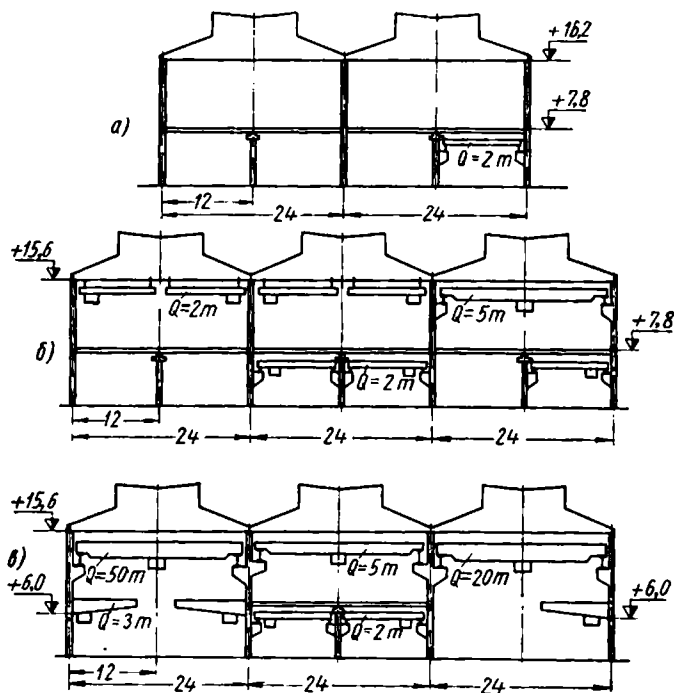


Рис. 75. Схема поперечных разрезов зданий типового блока чугунолитейных цехов (см. рис. 72):

а — цех мелких отливок; б — цех средних отливок; в — цех крупных отливок

При разработке строительной части проекта специализированных литейных цехов важной проблемой является максимально возможная унификация пролетов, высоты зданий и строительных конструкций с целью обеспечения сборности зданий и индустриализации строительных работ.

Анализ большого числа проектов чугунолитейных цехов мелкосерийного производства позволил выявить взаимосвязь размеров ширины и высоты пролетов и грузоподъемности кранов (рис. 76). Несмотря на то что закономерности такой взаимосвязи не во всех случаях выражены достаточно четко (например, взаимосвязь



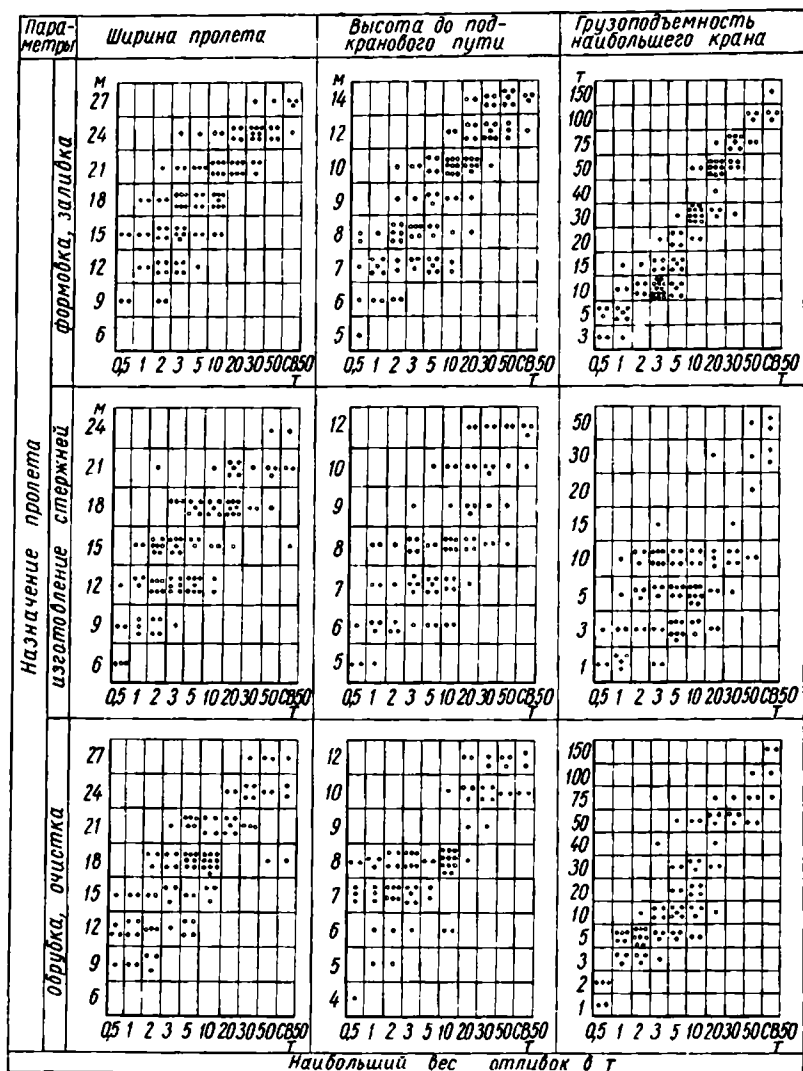


Рис. 76. Сводная таблица, характеризующая параметры пролетов зданий литейных цехов в зависимости от веса отливок

высоты стержневого отделения и грузоподъемности находящегося в нем крана), в целом это создает основы для унификации параметров зданий литейных цехов [90].

Параметры пролетов, в том числе складских и плавильных, предусматриваются нормами технологического проектирования. В настоящее время в результате анализа практик типового проектирования специализированных литейных цехов нормы эти пересмотрены. Как правило, для всех специализированных литейных цехов рекомендуются пролеты шириной 24 м.

В течение некоторого времени дискутировалось предложение о строительстве литейных цехов с исключительно искусственной вентиляцией и искусственным освещением. Первые предложения об этом появились в середине 50-х годов [193, 235].

В 1958 г. в Англии построен литейный цех «Темза» фирмы Форд для изготовления отливок деталей автомобилей с плоской кровлей, без фонарей, оборудованный устройствами для искусственной вентиляции, расположенными на крыше [209].

В 1966 г. впервые описан новый чугунолитейный цех автомобильной фирмы Крайслер, который при площади 100 000 м<sup>2</sup> выстроен без окон [177]. Основное освещение дают ртутные лампы, допускающие корректирование. Интенсивность освещения до 1000 лк. На случай выхода из строя основного освещения резервом служит система люминесцентных ламп. Кроме того, предусмотрено аварийное освещение от аккумуляторных батарей. Кровля цеха плоская, фонари отсутствуют, вентиляция вся механическая. Оригинальная конструкция стен цеха предусматривает возможность беспрепятственного передвижения их в случае реконструкции.

Для выяснения экономической целесообразности проектного решения зданий литейных цехов с искусственным освещением и вентиляцией произведен сравнительный расчет чугунолитейного корпуса мелкосерийного чугунолитейного цеха (см. рис. 71) с сохранением запроектированной конфигурации, но в двух вариантах: с аэрационно-осветительными фонарями, естественной и искусственной вентиляцией и естественным освещением; без фонарей и окон с искусственной вентиляцией и искусственным освещением лампами люминесцентного света. Условный выпуск цеха принят 33 000 т отливок в год; площадь цеха остается неизменной и равна 27 320 м<sup>2</sup>. Ниже приведены сравнительные показатели, см. рис. 71.

Площадь, необходимая для размещения вентиляционных установок, в м <sup>2</sup> . . . . .	1000	1200
Стоимость площади для размещения вентиляционных установок в тыс. руб. . . . .	128	140
Расход электроэнергии на вентиляцию (на 1 т отливок) в квт·ч . . . . .	107	134
Стоимость электроэнергии на вентиляцию (на 1 т отливок) в руб. . . . .	3,0	3,75

Расход электроэнергии на искусственное освещение (на 1 т отливок) в <i>квт·ч</i> . . . . .	11,1	23,4
Стоимость электроэнергии на искусственное освещение (на 1 т отливок) в руб. . . . .	0,31	0,66
Стоимость электрооборудования для нужд искусственного освещения (на 1 т отливок) в руб. . . . .	3,5	10,5
Стоимость устройства отопления и вентиляции цеха в тыс. руб. . . . .	125	151
Стоимость цеха (всего) в тыс. руб. . . . .	3499	3456

Из анализа этих показателей следует, что при бесфонарном варианте стоимость строительного-монтажных работ уменьшается лишь на 1,25%, а стоимость 1 т отливок возрастает на 1,09 руб. за счет увеличения расходов по эксплуатации вентиляционных устройств — на 0,75 руб. и на освещение — на 0,34 руб., т. е. на 0,8% при стоимости 1 т отливок 130 руб. Таким образом, при переходе целиком на искусственную вентиляцию и искусственное освещение ощутимого экономического эффекта не достигается.

Учитывая возможность отрицательного влияния на человека систематического отсутствия дневного света, создавать преднамеренно подобные условия вряд ли целесообразно, несмотря на мнение отдельных специалистов [47].

Здания с малым периметром и кровлей без фонарей, видимо, оправдывают себя в северных районах, где наличие развитого периметра литейных корпусов не отвечает количеству световых смен в году.

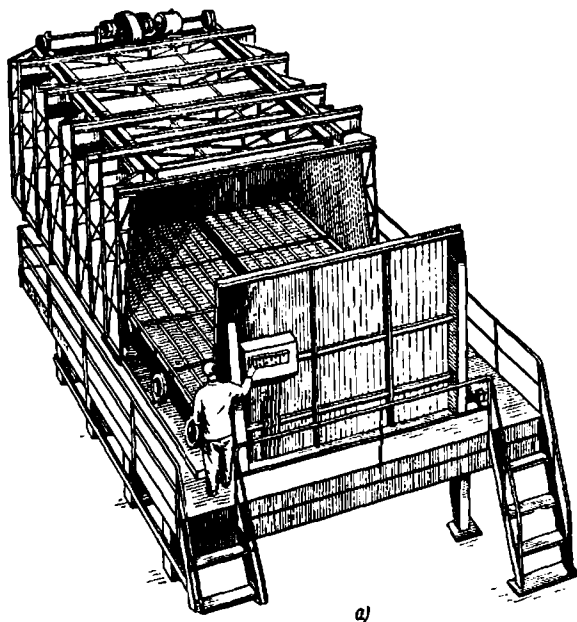
Бытовые помещения рекомендуется в ряде случаев располагать в самостоятельном здании и соединять с производственным блоком подземными переходами. При двухэтажном решении бытовые помещения можно размещать по фасаду первого этажа.

Для естественного освещения и аэрации рекомендуются продольные фонари с вертикальной поверхностью остекления и механизацией процесса открывания и закрывания. Фонари имеют устройства для очистки от снега и ветроотбойные щиты для аэрации. Продувка в аэродинамической трубе типовых литейных цехов доказала полную возможность достижения незадуваемости фонарей.

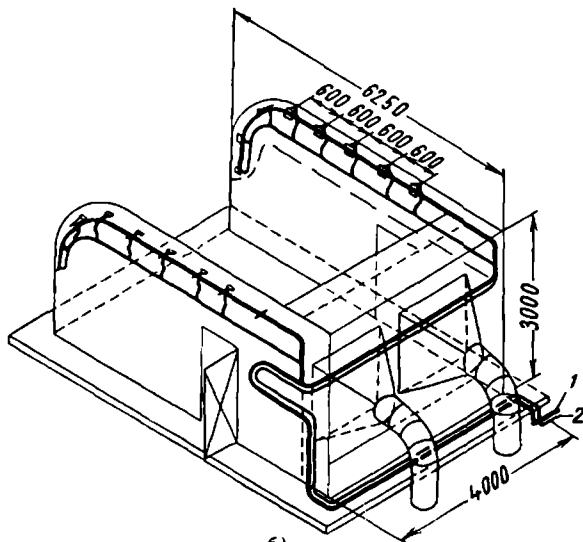
Важнейшим условием проектирования литейных цехов поточного производства с параллельным режимом является локализация помещений с выделением вредностей. Изолируются стенами от других помещений отделения плавки и заливки металла, формовки и изготовления стержней, выбивки отливок и удаленный стержней обрубного отделения. Рекомендуется отделять стеной от цеха колошниковую площадку.

В комплекс мероприятий, обеспечивающих надлежащую вентиляцию помещений, входят:

а) устройство эффективных местных отсосов в фиксированных местах выделения вредностей; на рис. 77 приведен пример такого



а)



б)

Рис. 77. Укрытия от крупной выбивной решетки:  
 а — накатное, б — водораспыляющее (1 и 2—трубо-  
 проводы для подачи воды и сжатого воздуха)

отсоса, оправдавшего себя на практике, — накатное и водораспыливающее вентиляционные укрытия от крупной выбивной решетки;

б) устройство общеобменной вентиляции в помещениях, где имеет место рассеянное выделение вредностей, с целью доведения количества этих вредностей до допустимых концентраций; крат-

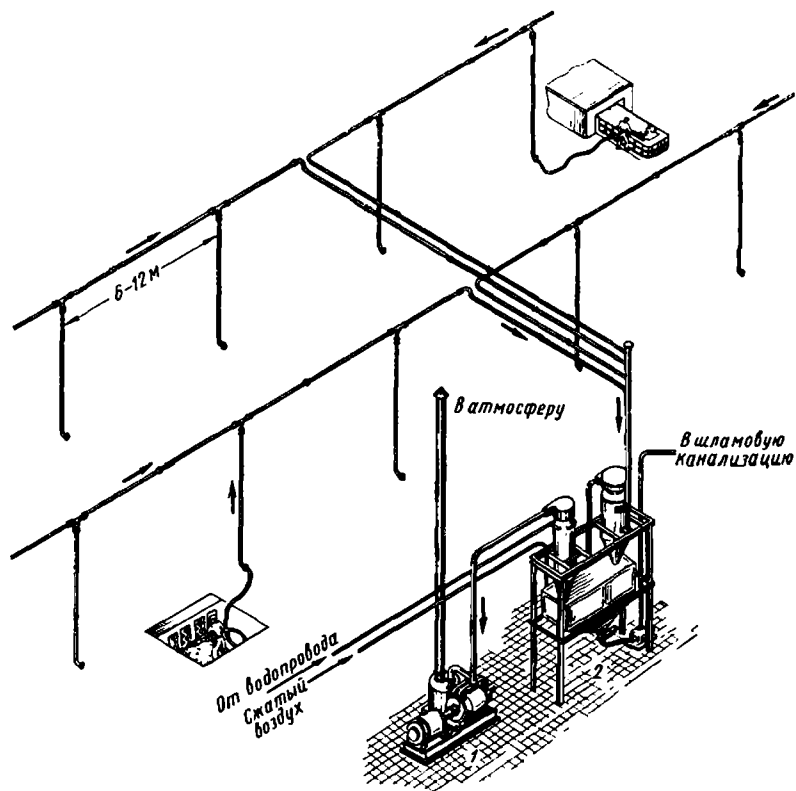


Рис. 78. Схема центральной пылесосной установки:

1 — вакуумный насос, 2 — фильтрующие устройства

ность воздухообмена в основных производственных помещениях литейного корпуса рекомендуется примерно 5;

в) устройство воздушных душей на рабочих местах в зоне значительного облучения рабочих нагревательными поверхностями оборудования или металла;

г) максимальное использование аэрации во все периоды года при наличии в помещениях избытков тепла;

д) вентиляция кабин крановщиков мостовых кранов в формовочно-заливочных и стержневых пролетах литейных цехов;

е) уборка пыли с поверхностей литейных форм, а также очистка от пыли оборудования, полов и строительных конструкций при помощи центральных пылесосных установок; схема подобной установки приведена на рис. 78 (стрелками показано движение воздуха);

ж) эффективная очистка запыленного воздуха перед выбросом его в атмосферу;

з) блокировка вентиляционных систем и обслуживаемого ими технологического оборудования, исключающая возможность пуска этого оборудования при выключенных вытяжных вентиляционных установках;

и) автоматическое или дистанционное управление работой вентиляционных и отопительных устройств и механизмами для открывания фрагуг, фонарей и центральных пультов.

Основной базой улучшения условий труда в литейных цехах является внедрение комплексной механизации и автоматизации,

Таблица 76

Влияние комплексной механизации и автоматизации на изменение условий труда (показатели 1958 г. приняты за 100%) [129]

Показатели	Годы						
	1958	1959	1960	1961	1962	1963	1964
<b>Производительность</b>							
Выпуск отливок . . . . .	100	104,5	120,9	147,5	151,1	154,6	160,6
Выпуск на одного рабочего	100	104,2	111,2	120,8	126,7	130,9	140,5
Выпуск на одного формовщика . . . . .	100	103,5	111,0	131,3	147,7	150,0	154,0
<b>Состояние запыленности воздушной среды на участках:</b>							
приготовления формовочной и стержневой смесей	100	79,9	31,5	7,9	2,3	4,3	0,6
изготовления форм . . . . .	100	22,8	29,0	24,0	18,4	13,5	2,0
выбивки отливок . . . . .	100	65,0	19,0	17,9	15,4	6,9	1,1
очистки . . . . .	100	44,3	16,6	18,4	5,4	1,6	1,0
обдирки . . . . .	100	44,1	32,0	39,0	14,7	4,9	0,3
<b>Состояние загрязненности воздушной среды газами на участках:</b>							
изготовления стержней . . . . .	100	67,0	84,7	49,4	45,8	36,4	4,7
плавки металла . . . . .	100	79,3	40,0	36,6	55,5	10,0	7,7
заливки форм . . . . .	100	80,7	79,4	119,2	112,9	2,1	2,0
выбивки отливок . . . . .	100	54,4	55,3	29,7	29,1	14,2	10,4

а также прогрессивных в санитарно-гигиеническом отношении технологических процессов и оборудования. Убедительным примером сказанного являются данные табл. 76, показывающие результаты влияния комплексной механизации и автоматизации на улучшение условий труда в чугунолитейном цехе Ростсельмаша [129].

Для создания наилучших условий обслуживания вентиляционное оборудование рекомендуется размещать в специальных технических пролетах или галереях, а при двухэтажных решениях — на первом этаже. Мощность вентиляционных устройств целесообразно принимать на 15—20% выше расчетных. Электроосветительную аппаратуру рекомендуется проектировать с учетом следующих минимальных норм освещенности: плавильно-заливочное отделение, участки сборки форм, места приемки стержней и литья 200 лк; стержневое отделение 150 лк; отделения машинной формовки, выбивки и очистки 100 лк.

---

## ПРОЕКТНЫЕ РЕШЕНИЯ ЛИТЕЙНЫХ ЦЕХОВ РАЗНЫХ НАПРАВЛЕНИЙ СПЕЦИАЛИЗАЦИИ

В настоящей главе рассматриваются проектные решения специализированных цехов в целом. Примерами выбраны частично выполненные типовые проекты цехов вышеприведенного ряда; индивидуальные проекты цехов со схожими параметрами, а также некоторые из строящихся и построенных в последнее время специализированных литейных цехов в СССР и за рубежом.

### 1. СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЕ ЛИТЕЙНЫЕ ЦЕХИ СПЕЦИАЛЬНЫХ СПОСОБОВ ЛИТЬЯ

**Литье в оболочковые формы.** На рис. 79 показан план типового цеха мощностью 5000—7000 *t* для изготовления чугунных отливок способом литья в оболочковые формы. Цех предназначен для выпуска отливок деталей для различных отраслей машиностроения. Серийность литья от 5000 до 50 000 отливок в год. Примерный развес отливок: до 5 кг 45%, 5—10 кг 35% и 10—20 кг 20%.

Производство литья в оболочковые формы размещено в одноэтажном здании, состоящем из двух параллельных 18-метровых пролетов длиной 96 м и примыкающего к ним с торца поперечного 18-метрового пролета длиной 36 м. Длина цеха составляет 114 м, ширина 36 м, высота до стропильных ферм 10 м. К цеху пристроены двухэтажные служебно-бытовые помещения.

Торцовый пролет предназначен для склада шихтовых материалов 1. В первом пролете размещены установка для плакированного песка 2, стержневое отделение 3, ремонтная мастерская 4 и участок грунтовки отливок 5. Второй пролет предназначен для плавильного отделения 10, отделения изготовления и сборки оболочковых форм 9 и отделения очистки отливок 8. В конце этих двух параллельных пролетов расположен склад готовых отливок 7, а за его стеной — бытовые помещения 6.

Учитывая, что строительство цеха намечается в основном на литейных заводах, которые имеют базисные склады, емкость цехового склада шихты рассчитана на пятидневный запас. Склад является скорее шихтовальным отделением. Смесь подается в цех



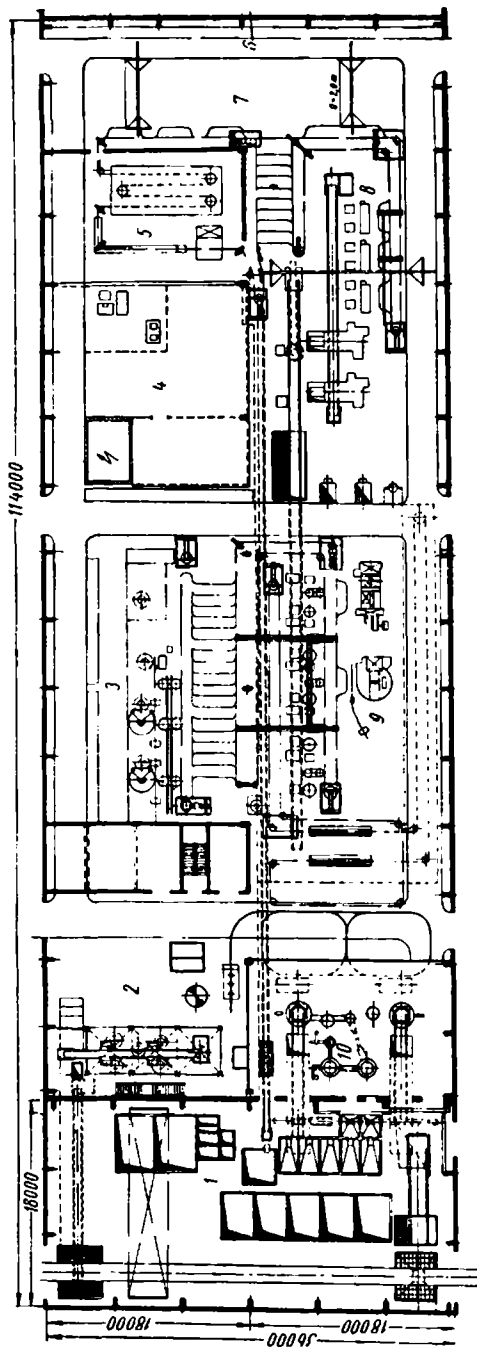


Рис. 79. План типового цеха чугунолитейной формы мощностью 5000—7000 т/год (Гидроавтомат)

в плакированном состоянии; емкость хранения составляет 10-дневный запас. В цехе установлены две попеременно действующие вагранки производительностью 3 т/ч.

Все отливки запроектировано изготавливать в формах двух размеров (в зависимости от веса и габаритов): 750×500 и 500××375 мм. Формы размером 750×500 мм (в среднем 50 форм в час), требующие повышенной прочности оболочки, намечено изготавливать на четырехпозиционном автомате. Формирование оболочки в автомате производится при помощи поворотного бункера с последующей подпрессовкой диафрагмой.

Для изготовления форм размером 500×375 мм (200 форм в час) принят один 16-позиционный автомат. Формирование оболочки производится путем свободной насыпки плакированного песка на плиту под давлением столба песка в питающем бункере. На каждой позиции работы этого автомата одновременно изготавливаются верхняя и нижняя полуформы общим размером 750××500 мм. Таким образом, оба принятых к установке формовочных автомата дают оболочковые формы одинаковых размеров (750×500 мм), что создает гибкость в работе, так как обеспечивается взаимозаменяемость автоматов.

Для изготовления оболочковых стержней предусматривается применение двух четырехпозиционных пескодувных автоматов с нижним заполнением стержневых ящиков производительностью 120 съемов в час. Размер стержневых ящиков 250×250×150 мм. Для изготовления отдельных крупных стержней запроектирована одна универсальная пескодувная машина производительностью 40—50 съемов в час. Соединение полуформ при сборке предусматривается склеиванием, для чего устанавливается пять однопозиционных прессов с нагревом токами высокой частоты производительностью 70 съемов в час. Каждый пресс работает в паре с установкой для нанесения склеивающего материала.

Подача плакированного песка к формовочным и стержневым автоматам осуществляется пневмотранспортом. Транспортировка стержней от машин на сборку предусматривается подвесным толкающим конвейером с промежуточным складом для стержней на подвесках. При этом на каждой подвеске находятся стержни, предназначенные для комплектования оболочковых форм одного наименования. Адресование подвесок к позициям сборки и на склад стержней автоматическое. Длина конвейера 46 м, шаг подвесок 140 мм, скорость движения 4,6 м/мин. Подача оболочковых стержней к позициям сборки осуществляется также на подвесном толкающем конвейере. Развернутая длина этого конвейера 104 м, шаг подвесок 1400 мм, скорость движения 5 м/мин.

Заливка форм запроектирована на подвесном конвейере, без засыпки, с горизонтальным расположением форм на площадках конвейера, покрытых песочной постелью. Длина конвейера 158 м, шаг подвесок 1,4 м. Время охлаждения залитых форм около 30 мин.

Выбивка отливок предусмотрена на электромеханической вибрационной решетке с перфорированной плитой с последующим провалом отливок и неперегоревшей корки на пластинчатый транспортер, проходящий в туннеле. Просыпающиеся песчаная постель и песок, образовавшийся из перегоревшей корки, пневмотранспортом передаются в бункер, из которого песок подсыпается на площадки литейного конвейера. Охладившиеся отливки поступают на очистку, после чего грунтуются.

В цехе предусмотрены экспериментальная лаборатория и ремонтно-механическая мастерская. Особенностью здания цеха является его бесфунарное решение с плоской крышей. Ниже приведены основные технико-экономические показатели проекта.

Показатели	Объем выпуска	
Годовой выпуск отливок в т:		
Всего . . . . .	5000	7000
на 1 м <sup>2</sup> общей площади цеха . . . . .	1,3	1,8
на одного списочного рабочего . . . . .	52,1	67,9
на одного работающего . . . . .	45,4	59,8
Удельная установленная мощность токоприемников		
на 1 т отливок в квт . . . . .	0,28	0,20

На рис. 80 показана технологическая схема английского литейного цеха с мелкосерийным характером производства для изготовления отливок способом литья в оболочковые формы [211].

Песок и другие формовочные материалы поступают с одного торца корпуса в смесеприготовительное отделение, откуда готовые смеси подаются в формовочное и стержневое отделения. Шихтовые материалы поступают в цех с другого торца. Плавка ведется в высокочастотных

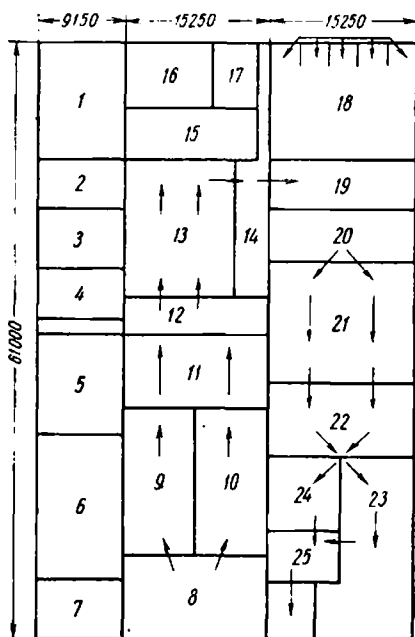


Рис. 80. Технологическая схема мелкосерийного цеха для изготовления стальных отливок способом литья в оболочковые формы:

1 — котельная; 2 — ковшовая; 3 — лаборатория; 4 — контора; 5 — мастерская по ремонту оборудования и моделей; 6 — склад моделей; 7 — помещение для установки регенерации смесей; 8 — смесеприготовительное отделение; 9 — отделение формовки; 10 — стержневое отделение; 11 — участок сборки форм; 12 — склад форм; 13 — отделение плавки и заливки; 14 — участок остывания, контроля и сортировки отливок; 15 — генераторная; 16 — компрессорная; 17 — кладовая легирующих добавок; 18 — склад скрапа; 19 — участок отрезки прибылей; 20 — участок очистки отливок; 21 — участок заточки; 22 — участок обрубки; 23 — участок термической обработки; 24 — контрольный пункт; 25 — экспедиция

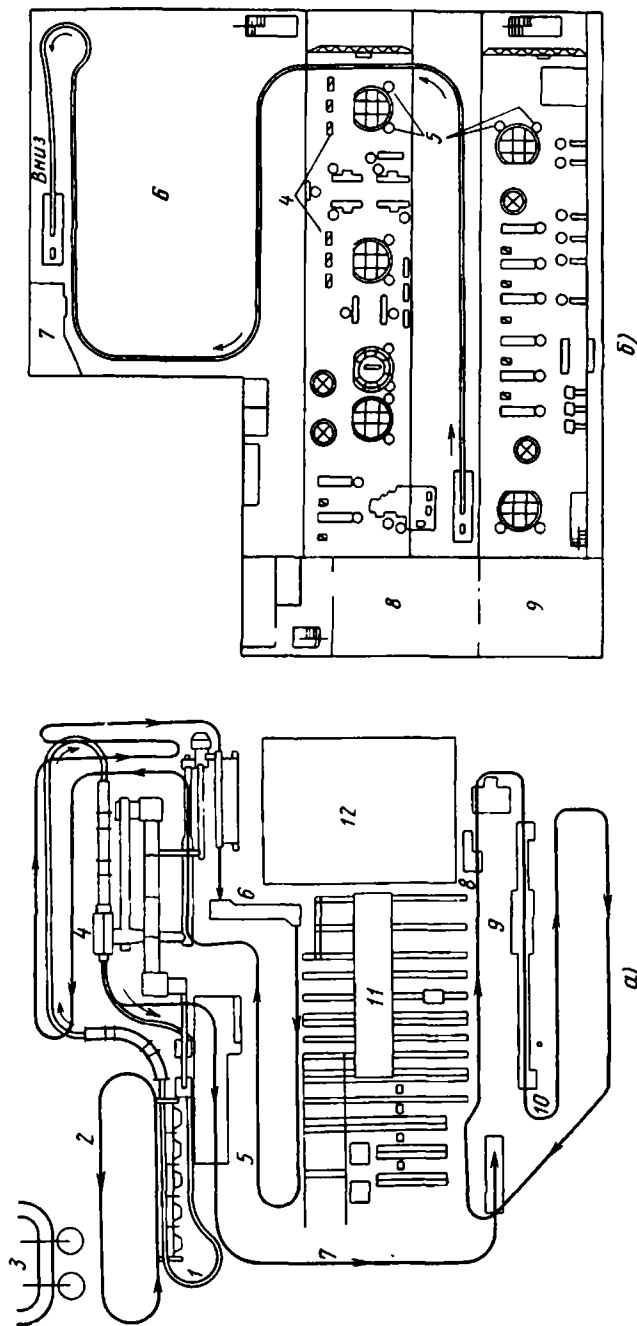


Рис. 81. План цеха чугунного литья в оболочковые формы:

а) — первый этап: 1 — литый конвейер; 2 — заливочный маторельс; 3 — вагранка; 4 — выбивная решетка; 5 — подвесной охлаждающий конвейер; 6 — дробеструйный агрегат; 7 — подвесной конвейер оболочковых форм; 8 — окрасочная камера; 9 — сушильная камера после окраски отливок; 10 — подвесной конвейер для окраски и сушки отливок; 11 — участок зачистки и обрубки отливок; 12 — лаборатория; б) — второй этап: кружки, заштрихованные сеткой — четырехпозиционные машины для оболочковых форм; прямые углы — выступами — пескоструйные стержневые машины; 4 — машины для склеивания полуформ; 5 — контейнеры для плакированного песка; 6 — склад оболочковых форм; 7 — контроль отливок; 8 и 9 — бытовые помещения

печах двух установок. Собранные формы хранятся на промежуточном складе, где их комплектуют.

Выбитые из форм отливки в короба передаются по рольгангу на тележки с рольганговой платформой, где остаются до получения результатов лабораторной проверки, после чего направляются в очистное отделение.

Около 50—60% всего выпуска составляют отливки из нержавеющей и аустенитной марганцовистой стали. Отливки из низколегированных сталей составляют 20% выпуска.

Оболочковые полуформы изготавливаются размером 600×500, 600×400 и 400×350 мм. Транспортировка различных материалов в цех осуществляется по замкнутой системе монорельсовых путей.

Значительный интерес представляет проектное решение цеха чугунного литья в оболочковые формы для массового производства автомобильных отливок фирмы Тоуо Кодуо (Япония) [205].

Цех выполнен в виде двухэтажного здания. На втором этаже изготавливаются оболочковые полуформы и стержни, производится сборка и складирование. Затем собранные формы подвесным конвейером подаются на литейный конвейер на первом этаже, и здесь производится плавка металла, заливка и выбивка форм, очистка, контроль и грунтовка отливок. Схема цеха представлена на рис. 81.

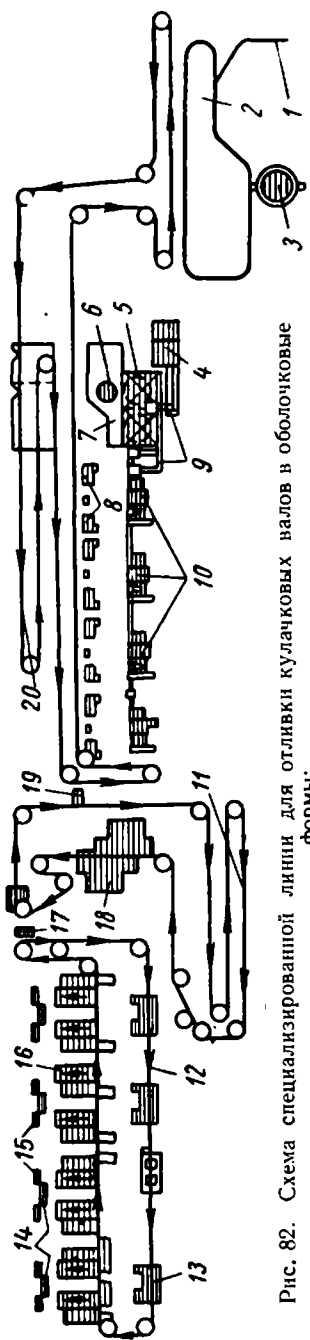


Рис. 82. Схема специализированной линии для отливки кулачковых валов в оболочковые формы:

- 1 — ветка для ремонта тельфера, 2 — заливочный кольцевой конвейер; 3 — электронный кольцевой конвейер; 4 — подземный бункер; 5 — бункер для смеси; 6 — бункер для песка; 7 — расходные бункеры; 8 — пресс для склейки; 9 — трубочные транспортеры; 10 — пескоструйно-прессовые машины; 11 — охлаждающий конвейер; 12 — цепной транспортер; 13 — фрезерный станок; 14 — трапециевидное устройство; 15 — платформа для укладки кулачковых валов; 16 — установка для поверхностной закалки; 17 — участок отбивки литников; 18 — дробеструйная камера; 19 — автоматическое выбивное и передаточное устройство; 20 — заливочный конвейер

Одним из примеров проектного решения специализированного массового производства литья в оболочковые формы может служить линия для изготовления чугунных кулачковых валов, показанная на рис. 82 [212].

Схема наиболее крупного из существующих специализированных цехов для изготовления отливок из чугуна методом литья в оболочковые формы (мощностью 30 000 т, фирмы Линчбург,

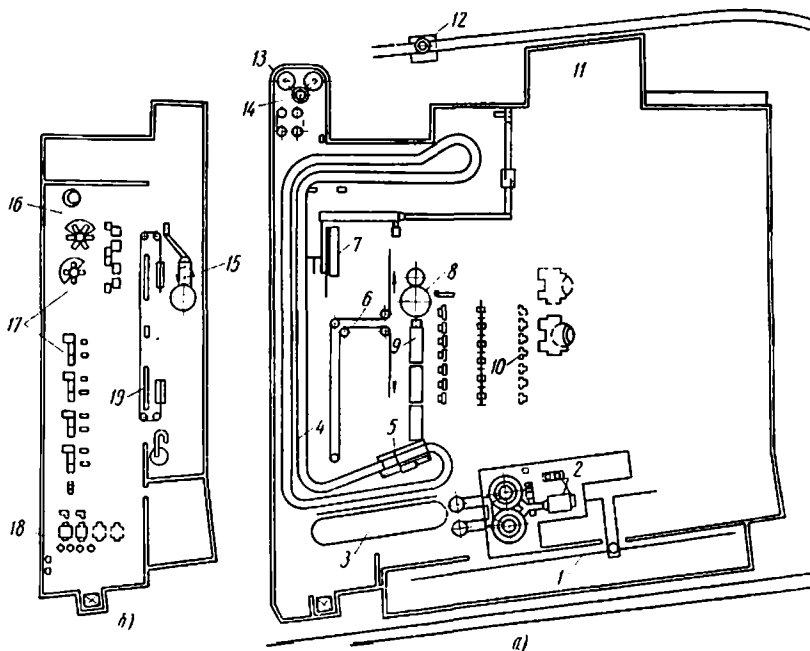


Рис. 83. Схема цеха чугуночного литья в оболочковые формы мощностью 30 000 т отливок в год

США) представлена на рис. 83. Здание цеха двухэтажное. В первом этаже (рис. 83, а) размещены склад шихты 1, плавильное отделение 2, заливочный монорельс 3, литейный конвейер 4, устройства для загрузки и уплотнения дробы в контейнерах 5, цепной транспортер для подачи оболочковых форм 6, участок выбивки форм 7, системы для охлаждения песка и дробы 8 и 9, очистное отделение 10, участок контроля и экспедиция 11, приемный бункер с пневмозатвором для песка 12, бункера типа силосных башен 13, пневматическое разгрузочное устройство 14; на втором этаже (рис. 83, б) система очистки 15, бункера для песчаной смеси 16, отделение формовки оболочек (оборудованное шести-, четырех- и однопозиционными машинами) 17, стержневое отделение 18, отделение сборки форм 19.

Литье по выплавляемым моделям. На рис. 84 и 85 приведены планировки двух типовых цехов литья по выплавляемым моделям мощностью 2000—2500 и 4000—5000 т. Цехи расположены соответственно в двух- и трехпролетных зданиях шириной 36 и 54 м и длиной по 108 м. В здании размещаются все производственные и вспомогательные помещения. Хранение исходных материалов предусматривается на базисных складах, в цехе находятся лишь двухсуточные запасы.

Цехи построены по принципу агрегатных линий с последовательно заканчиваемым циклом операций. Производительность линии при двухсменной работе 1000—1200 т отливок в год.

Каждая линия состоит из пяти звеньев:

*I* — агрегат для изготовления легкоплавких моделей и сборки их в блоки, состоящей из автомата для изготовления моделей массовыми и крупными сериями *1*, карусельного станка *2* для моделей, изготовляемых мелкими сериями, и четырех шприц-машин *3* для производства единичных моделей; все машины объединены прямочным гидротранспортером *4*, подающим модели к месту сборки;

*II* — агрегат для изготовления керамических

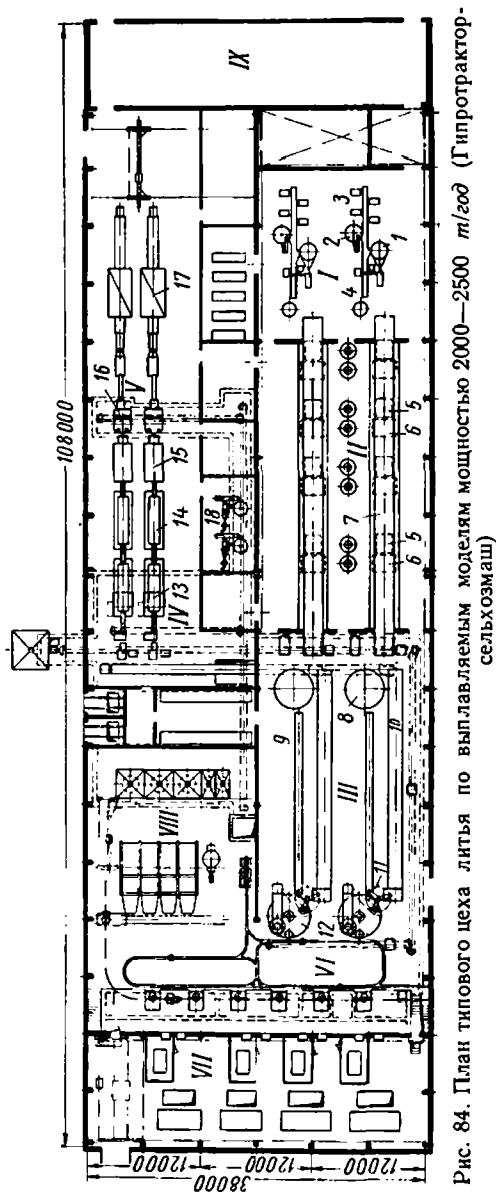


Рис. 84. План типового цеха литья по выплавляемым моделям мощностью 2000—2500 т/год (Гидротрактор-сельхозмаш)

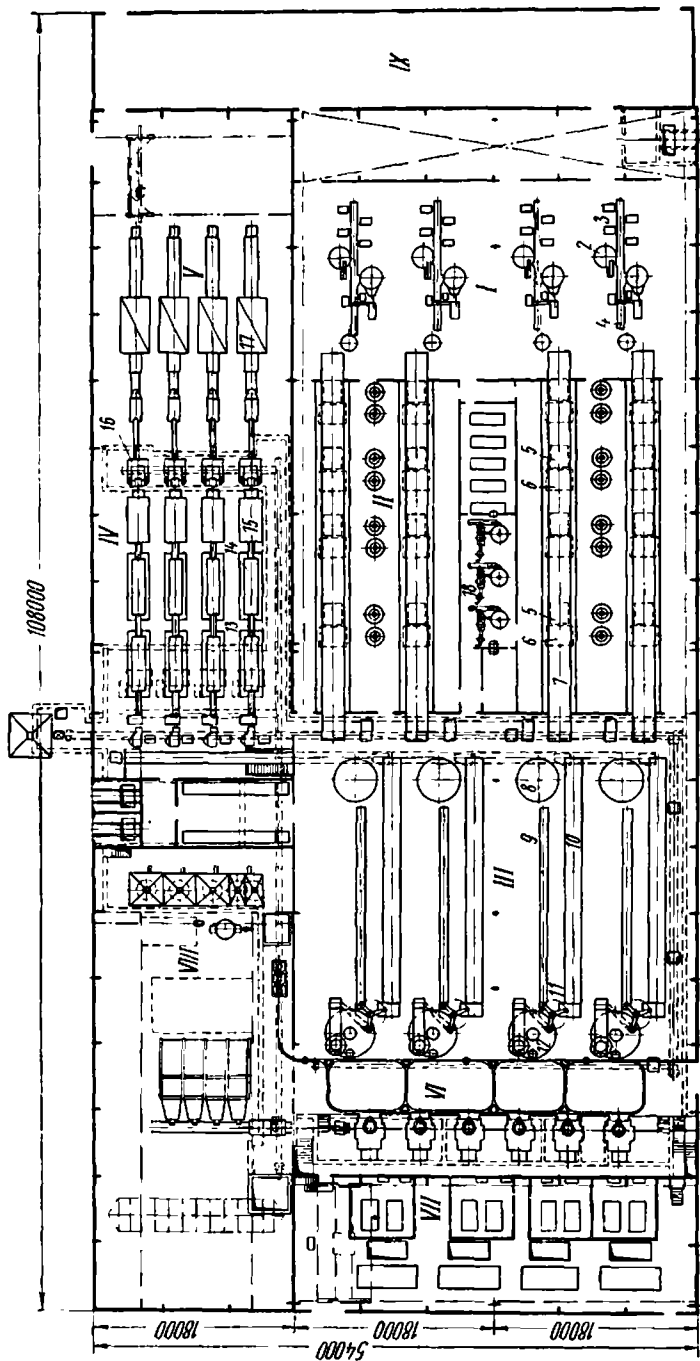


Рис. 85. План типового цеха литья по выплавляемым моделям мощностью 4000—5000 т/год (Гипротракторсельхозмаш)



оболочек, включающий в себя четыре ванны 5, четыре пескосыпа 6 и конвейерную установку для выплавки модельного состава 7;

III — линия для обжига форм, заливки и выбивки; в этот агрегат входят поворотный магазин керамических блоков 8, комплектующий конвейер 9, поворотно-подъемное устройство 10, карусельная установка 11 для обжига, засыпки, заливки форм и выбивки отливок и охлаждательная камера 12;

IV — линия очистки блоков и удаления литников, включающая в себя установки для выщелачивания 13, промывки 14 и сушки 15, а также зачистной полуавтомат 16 с контрольным столом;

V — отделение термической обработки с печами 17 и отдельно стоящей установкой для получения защитного газа 18.

Кроме того, в проекте предусмотрены плавильное отделение VI, склад шихты VII, склад песка и маршалита VIII и бытовые помещения IX.

Приготовление сплавов производится в индукционных печах высокой частоты. Транспорт для перемещения формовочных материалов запроектирован пневматический.

Ниже приведены основные технико-экономические показатели цехов.

Показатели	Цех по рис. 84	Цех по рис. 85
Годовой выпуск отливок в т . . . . .	2000—2500	4000—5000
Общая площадь в м <sup>2</sup> . . . . .	3900	5830
Число рабочих . . . . .	122	224
Съем с 1 м <sup>2</sup> общей площади в т/год	0,64	0,86
Выпуск на одного списочного рабочего в т/год . . . . .	20,5	22,8

Здания цехов бескрановые, имеют плоскую кровлю, без фанерей, рассчитаны на искусственную вентиляцию.

Имеются описания проектных решений и других цехов литья по выплавляемым моделям [83]. Для сравнения приведены планировки двух наиболее крупных цехов литья по выплавляемым моделям, введенных в эксплуатацию в США. Первый из них (рис. 86) имеет площадь 7000 м<sup>2</sup> [201], из которых 5000 м<sup>2</sup> отведено под поточное производство главным образом лопаток реактивных двигателей самолетов, а 2000 м<sup>2</sup> — под экспериментальные работы и изготовление отдельных специальных отливок.

Цех размещен в двух смежных зданиях, где расположены отделения изготовления и сборки модельных блоков 1, установка для приготовления наполнительного состава 2, склад форм 3, участок выплавления моделей и прокаливания форм 4, отделение плавки и заливки 5, отделение выбивки и обрезки литников 6, участки отделки, очистки и контроля 7, участок магнитной дефектоскопии и контроля с помощью рентгеновской установки 8, термическое отделение 9, экспериментальный участок 10, место хранения и подготовки смеси 11, инструментальная мастерская 12.

Схема механизированного и частично автоматизированного цеха литья по выплавляемым моделям (США) изображена на рис. 87 [203]. Благодаря принятой технологии изготовления литья в цехе



Рис. 86. План цеха стального литья по выплавляемым моделям площадью 7000 м<sup>2</sup>

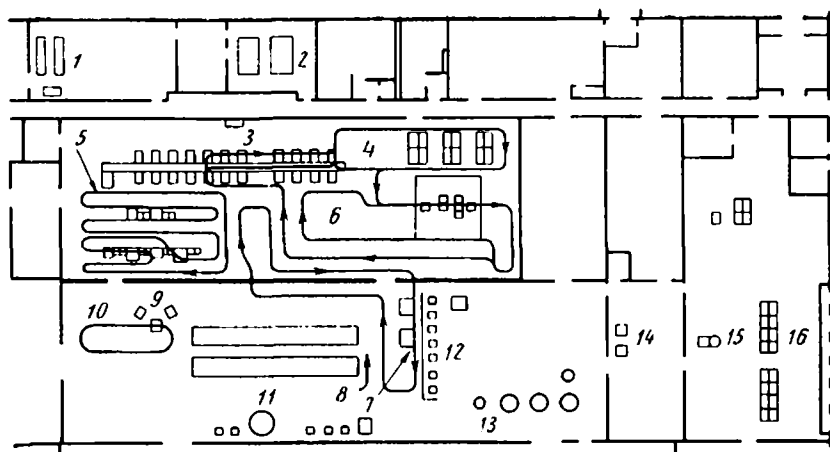


Рис. 87 План цеха литья по выплавляемым моделям

организовано производство отливок большой номенклатуры для разных отраслей промышленности. Цех занимает площадь 92 × 40 м.

Модели для крупносерийных отливок изготавливаются на автоматических шприцмашинах 3, ленточным транспортером по-

даются на участок сборки 4 и затем, в зависимости от серийности отливок, поступают на участки механизированного 5 или автоматического 6 формирования оболочек. На блоки наносится до семи слоев покрытия, причем каждый слой может формироваться из разного состава керамического раствора и различной зернистости песка. Для этого предусматривается автоматическая подача разных составов раствора и песка. Пройдя установки для выплавления модельной массы 7, работающие по принципу тепло-

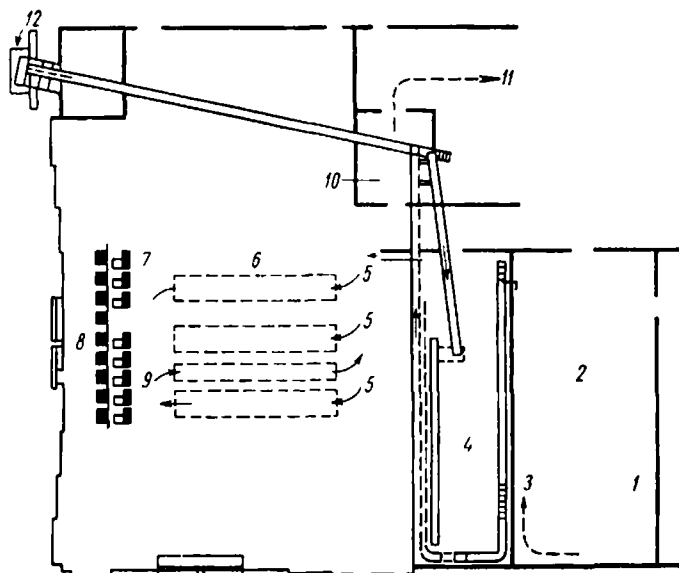


Рис. 88. План цеха стального литья по выплавляемым моделям площадью 8750 м<sup>2</sup>

вого удара, блоки поступают в прокалочные печи с толкателями 8, состоящие из пяти зон нагрева и управляемые с дистанционного пульта. Плавка металла производится в индукционных печах 9, из которых жидкий металл переливается в раздаточную печь, положение носка которой над формой на заливочном конвейере 10 точно регулируется специальным устройством. Далее отливки проходят очистку 11, травление 12, термическую обработку в шахтных печах с контролируемой атмосферой 13, зачистку, снятие заусенцев и механическую обработку 14, 15, 16. Количество различных марок стали, выплавляемых в цехе, превышает 100.

На рис. 88 показана планировка цеха для изготовления стальных отливок методом литья по выплавляемым моделям; площадь 8750 м<sup>2</sup> [165]. Его особенностью является наличие значительной номенклатуры отливок с разным объемом выпуска. Чтобы обеспе-

чить выполнение такой программы, в цехе применена система толкающих конвейеров в качестве подвижного промежуточного склада для выплавляемых моделей и готовых форм. Ускоряя, замедляя или приостанавливая подачу моделей и форм на необходимой операции, можно варьировать номенклатуру отливаемых деталей без нарушения непрерывности поточного производства.

Сборка моделей в блоки осуществляется в отделении 1, откуда их передают в отделение 2, в котором наносится обложка. Высушенные блоки передают рольгангом 3 в формовочно-сборочное отделение 4. Оттуда формы передают по рольгангам в заливочное отделение 6 к стеллажам 5, где производится выплавление моделей и прокатка форм. Затем подвесным перегрузочным устройством формы переносят к одной из электропечей 7, питаемых от генераторов 8.

Охлаждаются формы в туннеле 9, оборудованном конвейерами. Остывшие формы грузят на тележки и подают в выбивное отделение 10. Отделку отливок производят на шлифовальных станках, оснащенных абразивными кругами и лентами в отделении 11. Формовочные материалы регенерируют, собирая их в бункере 12.

**Литье в металлические формы и под давлением.** Стремление к замене во всех экономически оправданных случаях при изготовлении отливок из цветных сплавов литья в кокиль способом литья под давлением привело к созданию смешанных специализированных цехов литья в кокиль и под давлением. При этом характерным является постепенное увеличение в этих цехах доли выпуска, а соответственно и доли площадей, приходящихся на отливки, получаемые способом литья под давлением.

Ниже приведены примеры проектных решений специализированных цехов литья в кокиль и под давлением [46].

На рис. 89 изображен план цеха для изготовления отливок из алюминиевых и медных сплавов деталей тракторов [35]. Цех состоит из плавильных отделений для алюминиевых сплавов 1 и сплавов на медной основе 2, отделений алюминиевого 3 и медного 4 кокильного литья и литья под давлением 5, очистного отделения 6, термического отделения 7, стержневого отделения 8, ремонтно-механического 9 и экспедиции 10.

Плавка алюминия производится в электрических печах сопротивления с рафинировочной камерой. Расплавленный металл доставляется по монорельсам к подогревательным печам, расположенным вблизи машин для литья в кокиль и под давлением. Для плавки и рафинирования медных сплавов служат печи ДМК. Цех оборудован машинами для литья под давлением с горячей и холодной камерами.

Термическая обработка алюминиевых отливок производится на специальном агрегате. Отрезка литников выполняется на пресах, а также на четырех циркульных пилах и одном абразивном обдирочном станке.

На рис. 90 показана планировка цеха с комплексно механизированным процессом изготовления отливок из алюминиевых и магниевых сплавов способом литья в металлические формы (в кокиль, центробежным способом и под давлением). В цехе размещены отражательная печь 1, конвейер для заливки чушек 2, ленточные пилы 3, отрезной станок 4, бункера для скрапа 5, сушильная печь 6, газовые плавильные печи 7, раздаточные печи 8, краны 9, стены для форм 10, конвейер для перемещения отливок на склад 11, участок подготовки форм 12, печи для термической обработки отливок 13, стенд для контроля размеров отливок 14, место для рихтовки 15, установка для гидропробы 16, станок для зачистки отливок 17, шлифовальный станок 18, опилочный станок 19, пункт контроля 20.

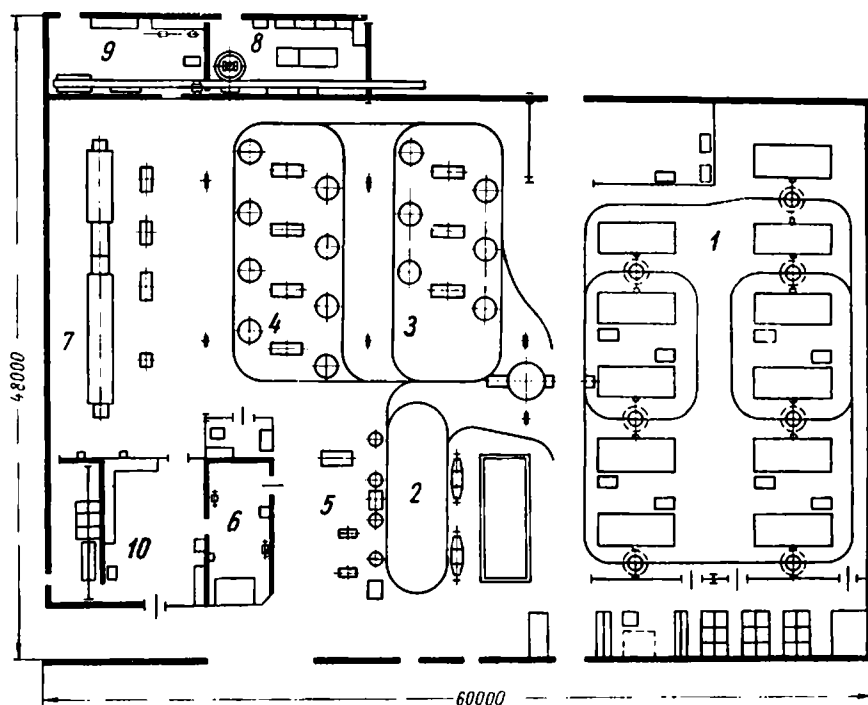


Рис. 89. План цеха литья в металлические формы из алюминиевых и медных сплавов

сушильная печь 6, газовые плавильные печи 7, раздаточные печи 8, краны 9, стены для форм 10, конвейер для перемещения отливок на склад 11, участок подготовки форм 12, печи для термической обработки отливок 13, стенд для контроля размеров отливок 14, место для рихтовки 15, установка для гидропробы 16, станок для зачистки отливок 17, шлифовальный станок 18, опилочный станок 19, пункт контроля 20.

Особый интерес представляют решения, позволяющие отливать под давлением в одном потоке детали ряда наименований. Планировка одного из зарубежных цехов такого назначения для изготовления отливок из цинковых сплавов приведена на рис. 91. В цехе размещены плавильные печи 1, средние машины для литья

Рис. 90. План цеха литья в металлические формы алюминисвых и магниисвых сплавов

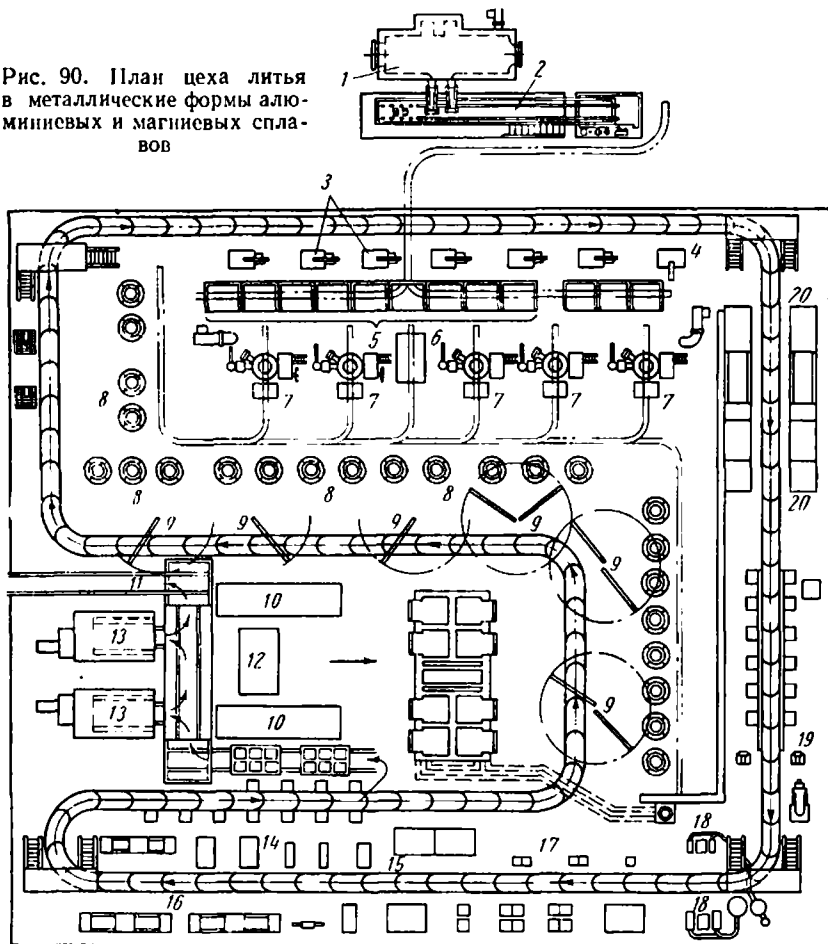
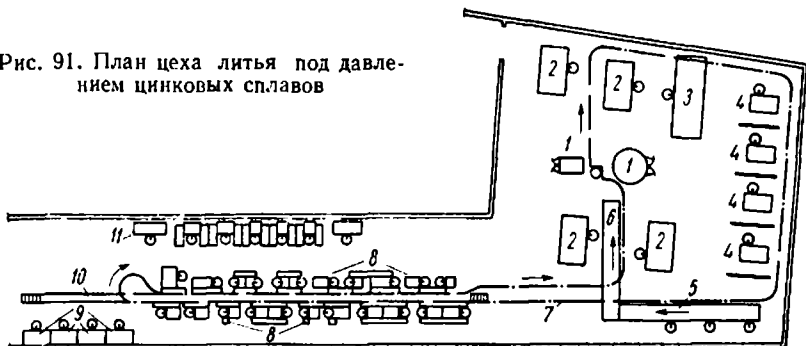


Рис. 91. План цеха литья под давлением цинковых сплавов



под давлением 2, большая машина для литья под давлением 3, мелкие машины для литья под давлением 4, участок контроля 5, транспортер для уборки скрапа 6, подвесной транспортер 7 с бадьями, линии очистных операций 8, наждачные станки 9, рольганг 10, линия отделочных операций 11 [151].

Интересен для проектной практики крупный специализированный цех литья в кокиль и под давлением автомобильных дета-

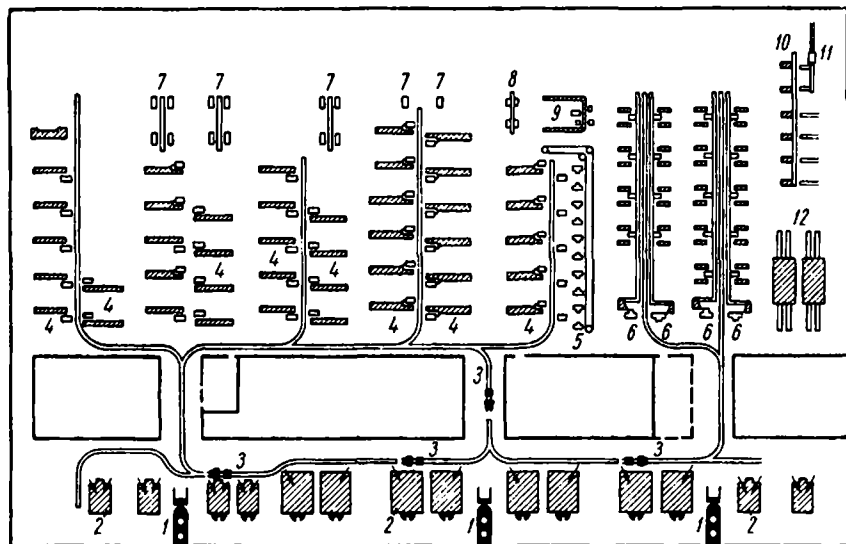


Рис. 92. План крупного цеха литья в металлические формы и под давлением для изготовления автомобильных деталей:

1 — грузовые машины для доставки жидкого металла; 2 — печи для легирования и дегазации металла; 3 — система транспортировки жидкого металла; 4 — машины для литья под давлением; 5 — кокильные станки для отливки картеров коробок скоростей; 6 — кокильные станки для отливки поршней; 7 — обрезные прессы; 8 — обрезные станки; 9 — площадка для очистки отливок картеров коробок скоростей; 10 — станки для обработки отливок поршней; 11 — весы для взвешивания поршней; 12 — печи для старения поршней

лей из алюминиевых сплавов, построенный фирмой Форд (рис. 92). Оригинальность решения заключается в том, что расплавленный металл доставляется с алюминиевого завода, расположенного на расстоянии 0,4 км. Металл транспортируется грузовыми автомобилями в закрытых ковшах специальной конструкции емкостью 2,3 т. В течение суток перевозят более 45 т расплавленного металла. Ковши с расплавом подаются к 14 печам, из которых четыре используются также для переплавки собственного возврата [162, 175].

Площадь цеха 204 000 м<sup>2</sup>. Здание цеха одноэтажное. В стенах вмонтированы жалюзи из алюминия, которые могут

поворачиваться в определенной последовательности, отражая лучи солнца.

Литейный цех выпускает автомобильные детали 67 наименований весом 0,02—11 кг. Производство поршней (9 типоразмеров) весом 0,6—1 кг осуществляется на автоматизированных кокильных машинах, производство картеров коробок скоростей весом 9,72 и 10,8 кг — на гидравлических машинах автоматического действия.

Для литья под давлением установлены машины с запирающим усилием до 850 т, на которых изготавливают отливки весом до 3,4 кг. Каждую машину обслуживает электрическая раздаточная печь.

Кооперация алюминийлитейных цехов с металлургическими заводами, в части получения от последних жидкого металла, получает в США широкое распространение. После Форда этот принцип использован заводом Шевроле, где длина транспортировки расплава 1,2 км, фирмой Мотор Аллюминиум — при транспортировке на 4,8 км, и наконец Крайслер перевозит для своего цеха жидкий алюминий на 65 км.

Представляет интерес планировочное решение одного из новых цехов литья под давлением в ФРГ (рис. 93) [250]. Цех выполнен двухэтажным, подтверждая этим ясно наметившуюся тенденцию использовать двухэтажное решение для создания условий, способствующих большой эффективности производства литья, в том числе под давлением. Все промышленные проводки (газ, воздух, вода, электричество) расположены под потолком первого этажа, что значительно облегчает их эксплуатацию.

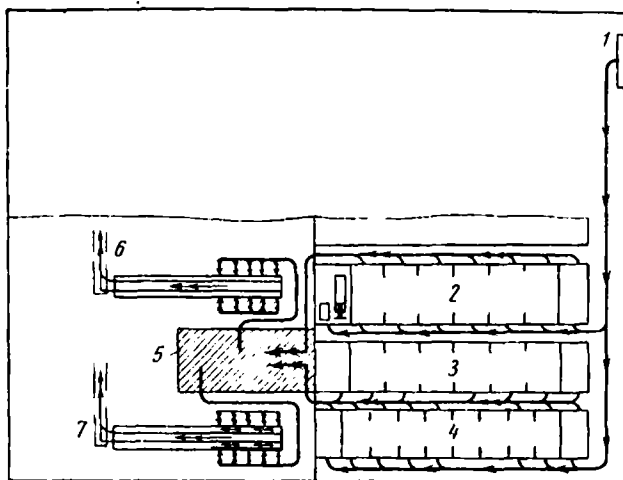
Первый этаж используется для вспомогательных служб цеха: склада шихтовых материалов и возврата собственного производства, контроля продукции, экспериментальной и ремонтной мастерской. На втором этаже размещается собственно литейное производство и участки отделочных операций.

В цехе установлены машины литья под давлением с холодной и горячей камерами прессования. Плавка алюминиевых сплавов производится в двухкамерных индукционных печах, а цинковых сплавов — в газовых тигельных печах. Все транспортные операции в цехе осуществляются автопогрузчиками.

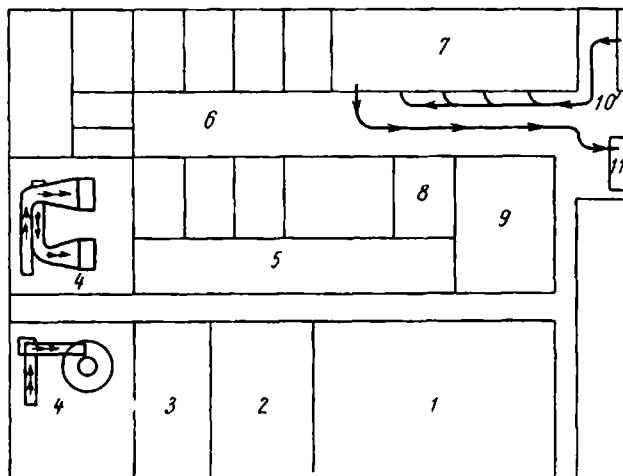
В СССР разработан и частично осуществлен проект цеха алюминиевого литья мощностью 50 тыс. т/год, предназначенного для обеспечения алюминиевыми отливками автомобильных заводов и размещенного в одном здании с цехом переработки вторичных цветных металлов. Для всей номенклатуры отливок принят метод литья в кокиль 55 вес. % и под давлением 45 вес. % общей программы.

По проекту завода по переработке вторичного алюминия предусмотрена передача жидкого сплава нужной марки непосредственно в литейный цех. В 30-м пролете устанавливается 16





а)



б)

Рис. 93. План цеха литья под давлением алюминиевых и цинковых сплавов:

а — второй этаж: 1 — элеватор; 2, 3 и 4 — первая, вторая и третья линии машин под давлением; 5 — участок обрезных операций; 6 — конвейер для отливок из цинковых сплавов; 7 — конвейер для отливок из алюминиевых сплавов; б — первый этаж: 1 — экспериментальная и ремонтная мастерские, 2 — стержневой участок; 3 — экспедиция; 4 — участки контроля; 5 — склад прессформы; 6 и 7 — алюминиевый скрап, чушковый алюминий и возврат; 8 и 9 — цинковый скрап, чушковый цинк и возврат; 10 — разгрузочная рампа; 11 — элеватор, — — — путь шихтовых материалов; — — — путь отливок

электрических миксеров емкостью 10 т, из которых металл через сифоны подается в разливочные ковши. Отходы литейного цеха (литники, прибыли, скрап и брак) направляются в цех вторичного алюминия системой ленточных транспортеров отдельно по маркам металла.

Ряд крупных деталей автомобилей, в том числе блоки цилиндров, намечено изготовлять на машинах литья под давлением. Для извлечения крупных отливок из прессформ предусматриваются специальные манипуляторы, которыми отливки укладываются на рольганги. После внешнего осмотра они передаются подвесным конвейером на участок обрубки.

Головки цилиндров, выпускные трубы и другие отливки крупных серий отливаются на многопозиционных карусельных машинах с автоматическим закрыванием и раскрыванием кокилей. Из кокилей отливки извлекаются манипуляторами. Отрезка прибылей и литников осуществляется фрезерными станками, ленточными пилами. Отливки подвергаются термической обработке.

Стержни для кокильного литья в количестве 25% изготовляются оболочковым методом. Цех занимает 10 параллельных пролетов шириной по 24 м и два перпендикулярных к ним шириной 30 и 24 м. Длина цеха 240 м, ширина 174 м. Общая площадь цеха 43 800 м<sup>2</sup>.

Организация производства алюминиевого литья с использованием готовых расплавов необходимых марок дает значительный экономический эффект. Достигнутые в проекте технико-экономические показатели: выпуск литья на 1 м<sup>2</sup> общей площади цеха 1,14 т/год, на одного рабочего 36,5 т.

Проект другого, также в значительной части осуществленного цеха алюминиевого автомобильного литья мощностью 31 000 т при среднем весе отливок 1,9 кг предусматривает общую площадь 22 300 м<sup>2</sup> и число работающих 1100 чел. Для производства алюминисвх отливок в количестве 22 600 в год, средним весом 1,1 кг и наибольшим весом 9 кг, методами литья в кокиль и под давлением, для автомобильного завода в г. Тольятти фирмой Фиат предусмотрена площадь 32 800 м<sup>2</sup>. Выпуск на 1 м<sup>2</sup> общей площади цеха составляет при этом 0,7 т/год.

В качестве оригинального проектного решения может быть упомянут цех литья под давлением разносерийных алюминиевых деталей фирмы Доллер Жэрвис (США) [5]. В этом цехе, занимающем двухэтажное здание площадью 19 500 м<sup>2</sup>, все машины для литья под давлением установлены на расположенных в один длинный ряд (параллельно одна другой) рельсовых тележках. Когда литье требуемой партии деталей закончено, от машины быстро отключают все электрические и гидравлические подводки. После этого рельсовую тележку с машиной выкатывают через проем в стене на платформу, которая перемещается снаружи на рельсах вдоль всего здания, в специальное помещение, где про-

изводят перестановку формы, текущий осмотр и ремонт машины. В это время на место отвезенной машины устанавливают другую, полностью подготовленную.

Такое проектное решение позволило намного сократить простой машин и рабочих, связанные с переналадкой машин, доведя продолжительность ее до 20—30 мин.

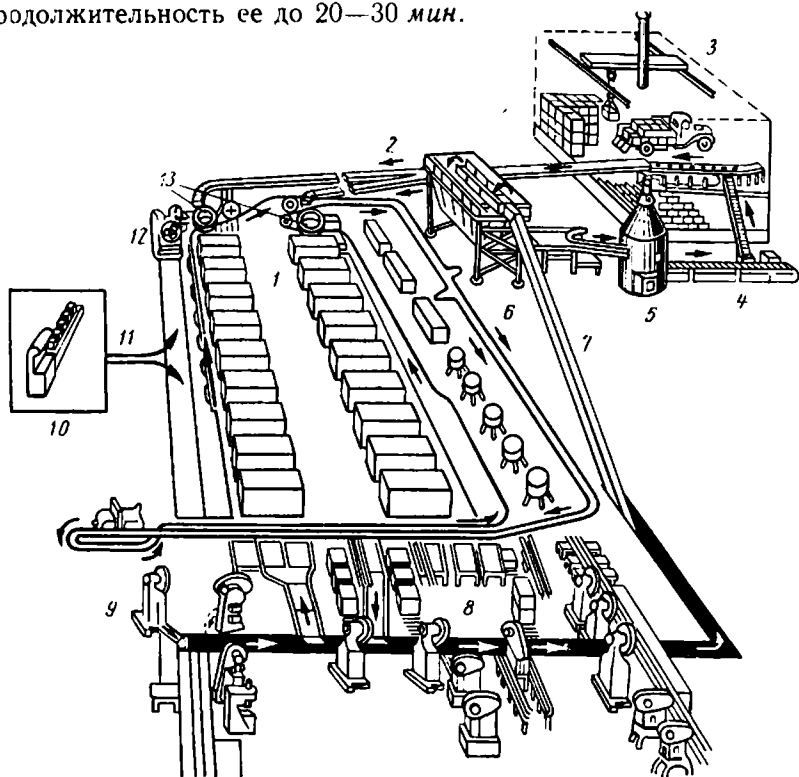


Рис. 94. Схема поточного производства отливок из цинковых сплавов:

1 — машины для литья под давлением; 2 — конвейер для подачи шихты к плавильным печам; 3 — подвозка чушек первичного металла; 4 — подъем чушек вторичного металла для передачи на загрузочный конвейер; 5 — переплавка цинковых отходов; 6 — монорельсовый конвейер от машин к обрезным прессам; 7 — конвейер для подъема цинковых отходов в бункер; 8 — участок обрезки облоя; 9 — подземный конвейер для транспортировки возврата; 10 — автоматический контроль температуры и числа запрессовок; 11 — линии к машинам; 12 — тележка с ковшом; 13 — плавильные печи

На рис. 94 показана технологическая схема поточного производства отливок под давлением из цинковых сплавов [5]. Детали отливаются, как обычно, на машинах с горячими камерами пресования, современные конструкции которых имеют электронное управление. Машины расположены плавильными тиглями наружу. Вдоль каждого ряда машин проложены рельсы для передвижного ковша, идущие от плавильных печей, расположенных

сзади Тигли снабжаются жидким расплавом с помощью этого ковша, так что литье может производиться непрерывно.

Изготовленные отливки укладывают на лотки конвейера, непрерывно движущегося вдоль обоих рядов машин. С лотков конвейера отливки сгружаются на прямоугольные верстаки, входящие в одну группу с прессами, сверлильными, обрезными и другими станками. Отделенные от литников отливки отправляются на обработку, отделку и в экспедицию, литники и брак — по подземному конвейеру в бункер шихтовального отделения

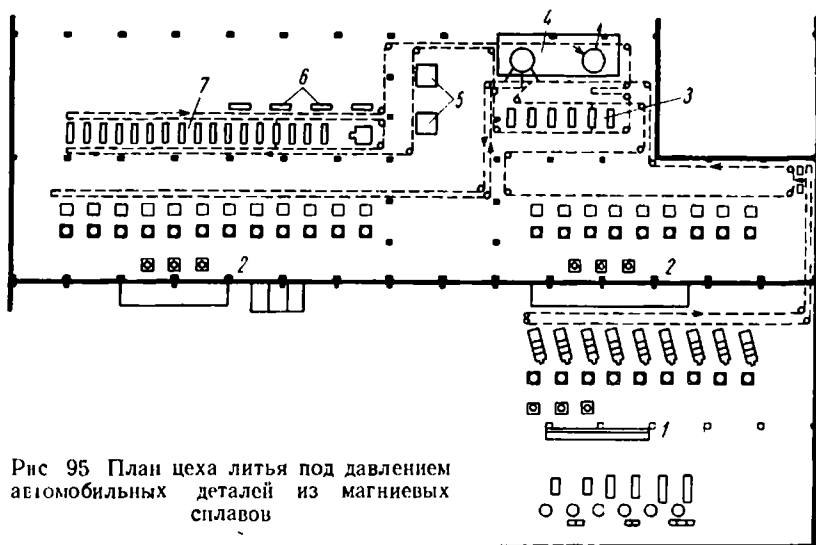


Рис 95 План цеха литья под давлением автомобильных деталей из магниевых сплавов

В связи с увеличивающимся внедрением в конструкции самолетов и автомашин деталей из магниевых сплавов представляет интерес приведенная на рис 95 планировка цеха для изготовления отливок из магниевых сплавов для деталей малолитражных автомобилей «Фольксваген» (ФРГ) [249]. В плане предусмотрены отделение литья под давлением 1, отделение литья в кокиль 2, участок предварительного контроля 3, травильная установка 4, место отрезки литников 5, участок окончательного контроля 6, участок обрубки и зачистки отливок 7.

Цех рассчитан на обеспечение отливками выпуска 330 000 автомобилей в год. В число деталей, изготавливаемых в данном цехе, входят разъемный картер двигателя весом 9,3 кг, картер коробки передач весом 6,1 кг, кронштейн весом 0,6 кг и др. Площадь цеха  $\sim 6000 \text{ м}^2$ . Цех работает в три смены при общем штате рабочих 500 чел.

Другой цех, рассчитанный на годовое производство 23 000 т автомобильных алюминиевых поршней средним весом по 1,4 кг каждый (число наименований отливок 6), имеет площадь 21 600 м<sup>2</sup> при общем числе работающих 620 чел. Выпуск отливок в год на одного работающего соответственно 37,4 т, с 1 м<sup>2</sup> площади 1,06 т.

Примером полной автоматизации производства, основанной на предметной специализации, может служить литейный цех автоматического завода поршней на автомобильном заводе в Ульяновске [35]. В цехе все операции механизированы и управляются автоматически, за исключением погрузки металла на транспортер, подающий его в плавильную печь

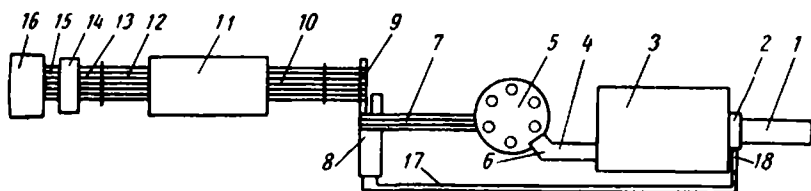


Рис 96. Схема автоматической линии литья поршней в металлические формы:

1 — транспортер для загрузки чушек из алюминиевых сплавов, 2 — загрузочная площадка, 3 — плавильный агрегат, 4 — дозирующее устройство, 5 — литейная машина с металлическими формами, 6 — устройство для заливки, 7 — перегрузочное устройство, 8 — фрезерный станок для отрезки литников, 9 — склиз, 10 — конвейерная лента, 11 — термическая печь, 12 — конвейерная лента для охлаждения поршней воздухом до температуры цеха, 13 — склиз для подачи поршней к прессу Бригеля, 14 — пресс Бригеля, 15 — склиз для подачи поршней в бункер, 16 — бункер для хранения поршней, 17 и 18 — транспортеры для подачи литников и отходов на загрузочную площадку

На рис. 96 изображена схема технологического процесса автоматизированного производства поршней

Создание автоматизированного производства автомобильных поршней позволило сократить по сравнению с ранее действующими предприятиями общее количество рабочих в 4 раза, а количество операторов более чем в 20 раз. При этом качественно изменился характер самого труда.

## 2. СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЕ ЛИТЕЙНЫЕ ЦЕХИ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ОТЛИВОК СПЕЦИАЛЬНЫХ ВИДОВ

Специализированные литейные цехи для отопительных радиаторов. На рис 97 и 98 представлены компоновочные схемы специализированных чугунолитенных цехов для производства отопительных радиаторов. В цехи входят следующие отделения: плавильное 1, заливочное 2, формовочное 3, выбивное 4, смесеприготовительное 5, стержневое 6, очистное 7, гидроиспытаний 8.

Приведены показатели использования площадей, достигаемые при схемах планировки, изображенных на рис. 97 и 98.

Показатели	Цех по рис. 97	Цех по рис. 98
Объем выпуска секций отопительных радиаторов:		
в тыс. экм	1500	3000
в тыс. м	36	72
Объем выпуска отопительных котлов:		
в тыс. м <sup>2</sup>	300	300
в тыс. м	26,4	26,4
Всего выпуск в тыс. м	62,4	98,4
Площадь общая (без складов) в м <sup>2</sup>	10 080	12 960
В том числе:		
для производства радиаторов	3960	6308
для производства котлов	6120	6154
Съем с общей площади (без складов) в м <sup>2</sup> /м <sup>3</sup>	6,2	7,6
В том числе:		
радиаторов	9,1	10,6
котлов	4,3	4,3

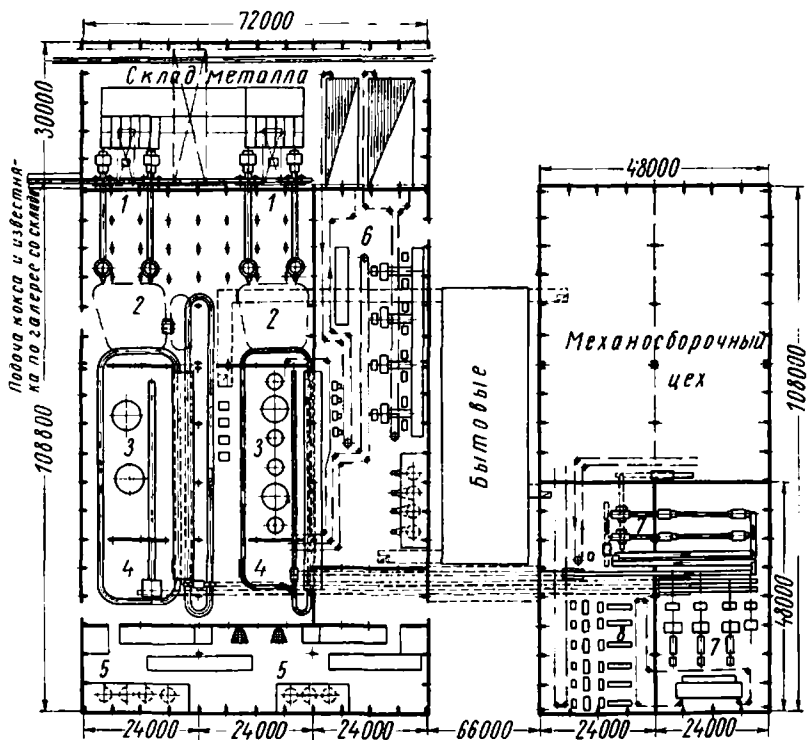


Рис. 97. План чугунолитейного цеха для производства 1,5 млн. экм отопительных радиаторов и 300 000 м<sup>2</sup> отопительных котлов (Гипросантехпром)

В обеих схемах склады шихтовых и формовочных материалов предусмотрены как базисные отдельно стоящие; запасы шихты при цехе на 5 суток. Вагранки приняты закрытого типа, с подогревом дутья и очисткой газов. Для формовки секций радиаторов

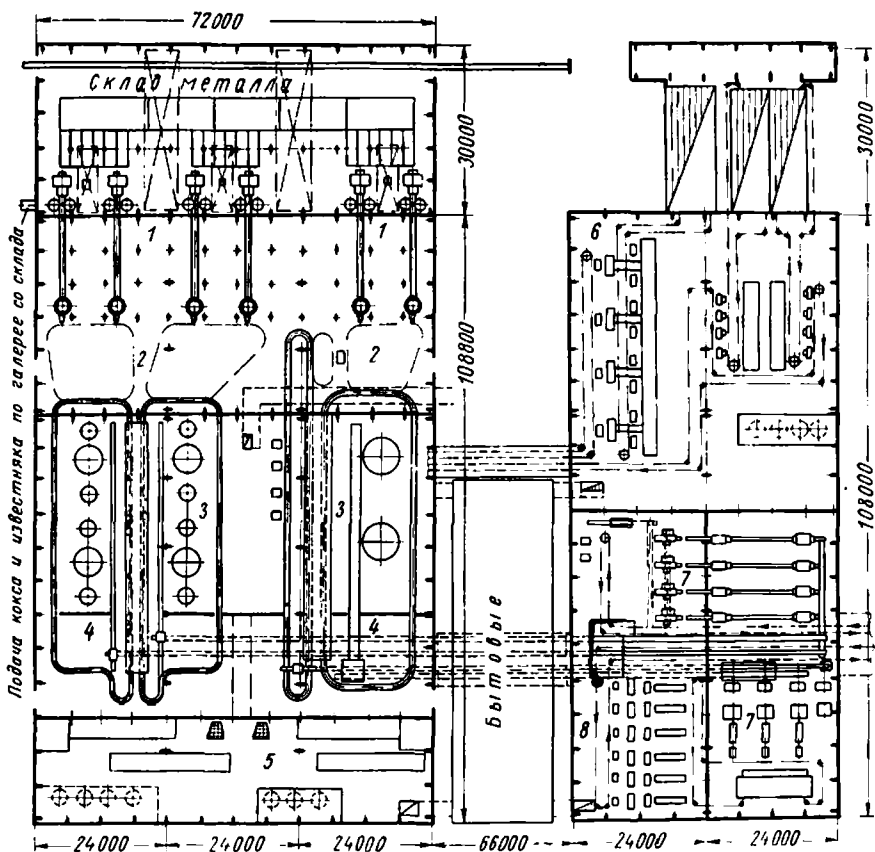
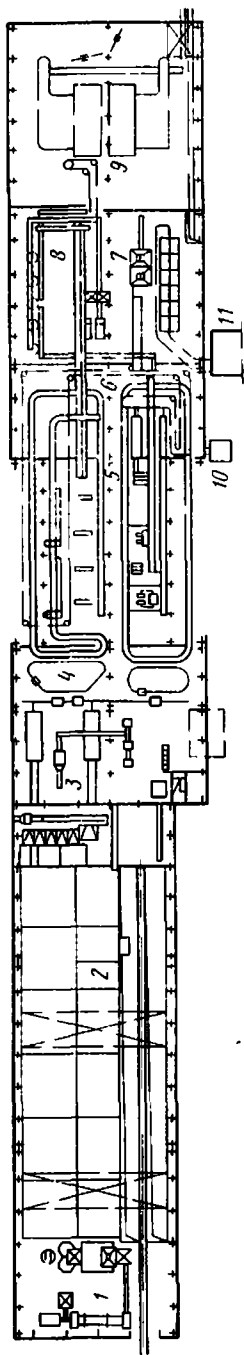
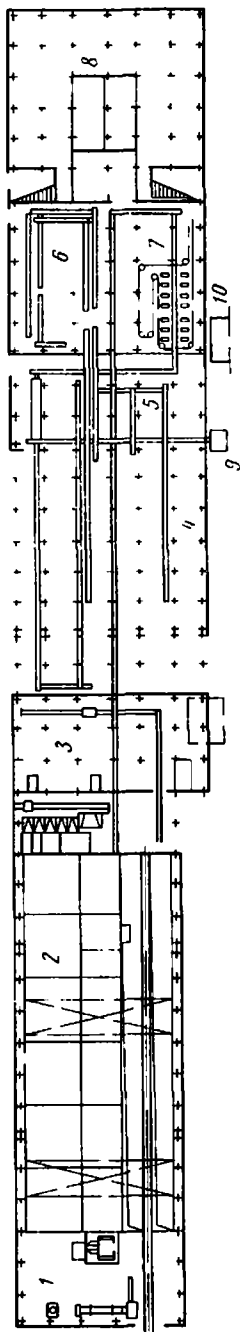


Рис. 98. План чугунолитейного цеха для производства 3 млн. экм радиаторов и 300 000 м<sup>2</sup> отопительных котлов (Гипросантехпром)

устанавливаются многопозиционные формовочные автоматы. Формы котельных секций набиваются пескометами на карусели. Передача всех форм осуществляется на конвейерах, выбивка автоматическая. Стержни для радиаторов изготовляются на автоматах; сушка производится в конвейерных сушилах. Пески со склада доставляются пневмотранспортом. Смесеприготовительное отделение общее для котлов и радиаторов оборудовано автоматическими бегунами.



a)



b)

Рис 99 План чугунолитейного цеха для производства предметов домоустройства (Гипросантехпром).

а — второй этаж 1 — земледу отовительное отделение, 2 — склад шихтовых и формовочных материалов, 3 — плавильное отделение, 4, 5 и 6 — формовочно-заливочно выливное отделение, 7 — стержневое отделение, 8 — смесеприготовительное отделение, 9 — очистное отделение ваин, 10 — бункер отвальной земли 11 — сушило, б первый этаж 1 — земледу отовительное отделение, 2 — склад шихтовых и формовочных материалов, 3 — плавильное отделение, 4 — ремонтно механический участок, 5 — выливное отделение и очистки радиаторов, 6 — смесеприготовительное отделение, 7 — отделение гидроиспытания радиаторов, 8 — бытовые помещения, 9 — бункер отвальной земли, 10 — сушило



Достигнутая в одном из последних проектов двухэтажного литейного цеха отопительных радиаторов на выпуск 1,5 млн. экм производительность труда составляет 68 *m/год* на одного спичного рабочего; себестоимость 1 *m* радиаторов 90 руб.

На рис. 99 приведен план подобного двухэтажного решения чугунолитейного цеха для производства предметов домоустройства (отопительных радиаторов и ванн), осуществленного на заводе

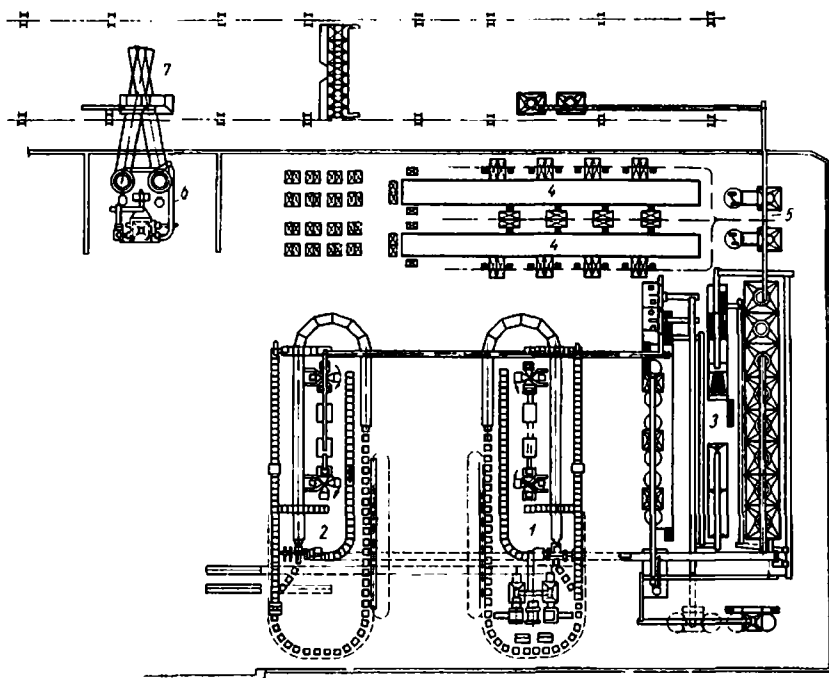


Рис. 100. План чугунолитейного цеха для производства 50 000 *m* отопительных радиаторов в год

им. Воровского (Баку) [10]. Непосредственно к основному двухэтажному зданию цеха примыкает одноэтажный крановый пролет, в котором размещается склад шихтовых и формовочных материалов.

Для сравнения описываются два зарубежных цеха для изготовления радиаторов и ванн.

На рис. 100 приведена планировка действующего, тоже комплексного механизированного чугунолитейного цеха мощностью 50 000—60 000 *m* для выпуска отопительных радиаторов [146]. Для изготовления полуформ, заливки и выбивки форм служат две конвейерные линии 1 и 2. Каждая из них оборудована двумя четырехпозиционными автоматами-каруселями, из которых один



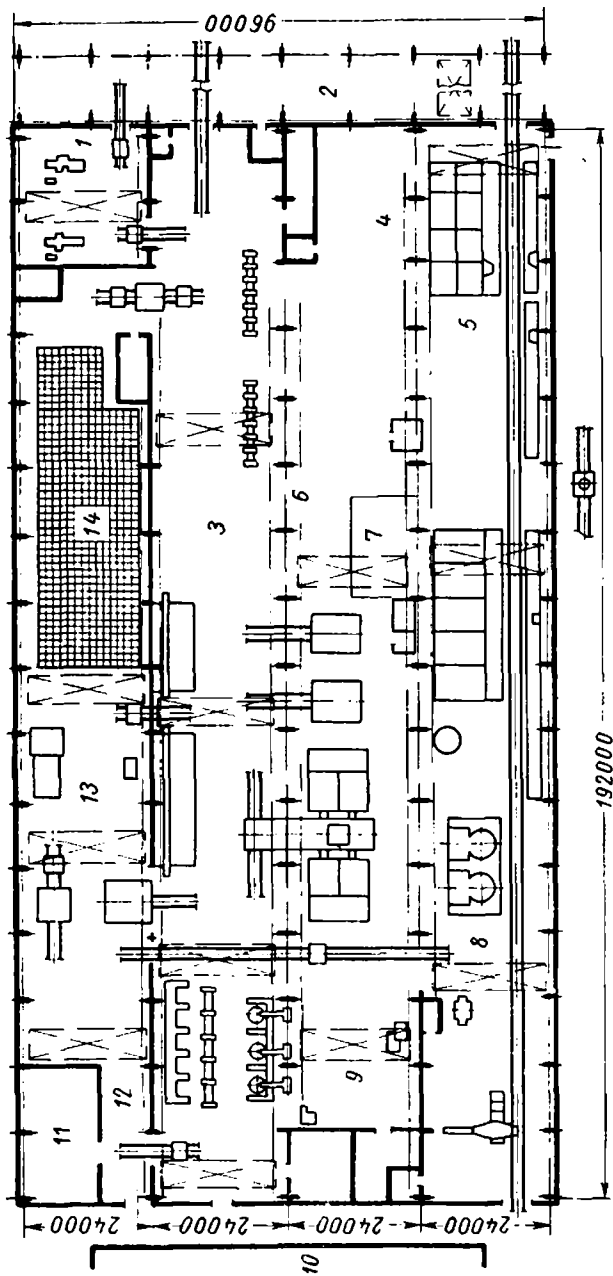


Рис. 101. План цеха чугунных изложниц на 130 000 т/год (Гипролмез)

На рис 102 показана схема цеха изложниц мощностью 250 000 *t/год*. В цех входят склад формовочных материалов и участок регенерации 1, смесеприготовительное отделение 2, ремонтная мастерская 3, стержневое отделение 4, отделение отливки поддонов 5, участки подготовки оснастки 6, формовочное отделение 7, ковшовое отделение 8, отделение приемки жидкого металла 9, заливочные конвейеры 10, склад отливок 11, парк остывания изложниц 12, участок обработки изложниц 13, обрубное отделение 14.

Для цеха мощностью 130 000 *t/год* суточная производительность составляет 25—30 изложниц, вес которых колеблется от 6,9 до 40 *t*. Устройство конвейера не предусматривается.

В цехе мощностью 250 000 *t/год* литейный конвейер предусмотрен, на нем отливаются изложницы весом до 15—20 *t*. Технологические решения в цехах таковы: изложницы и принадлежности к ним отливаются из жидкого доменного чугуна, который подается в ковшах и сливается в миксеры отстойники. В цехе на 130 000 *t* два отстойника, на 250 000 *t* — четыре, для получения лигатуры предусматривается дуговая электропечь. Формовка изложниц принята в разовых песчаных формах с набивкой смеси пескометами на поворотных столах.

Для изготовления крышек к изложницам и мелких поддонов применяется способ литья в полукокильные формы, а крупных поддонов — в песчаные формы. После выдержки изложницы охлаждаются в течение 24—100 *ч* в парке. Предусмотрена гидравлическая очистка изложниц.

Технико-экономические показатели цехов на 130 000 и 250 000 *t/год* соответственно таковы: выпуск на одного рабочего 430 и 530 *t/год*, съем с 1 *m*<sup>2</sup> общей площади 7 и 8 *t/год*, капитальные затраты на 1 *t* мощности 30—50 руб.

Механизированный литейный цех изложниц в США имеет мощность 250 000 *t* при производственной площади 8175 *m*<sup>2</sup> [143]. Песок поступает мытым и высушенным. Формовка производится пескометами передвижного типа, обслуживающими каждый две карусели участков изготовления форм и стержней. Кроме того, на каждом участке имеются сушильные печи, выбивная установка и установка для охлаждения опок и стержневых каркасов.

Смесь для форм и стержней единая, в связи с чем на любой карусели могут готовиться формы и стержни вместе.

**Специализированные труболитейные цехи.** Проекты специализированных труболитейных цехов основываются на применении центростремительного литья для производства труб малых (диаметром 50 *мм*) и средних (диаметром 75—300 *мм*) размеров и полунепрерывного способа для производства труб крупных (диаметром 350—1200 *мм*) размеров. Уточненное проектированием оптимальная мощность специализированных труболитейных цехов составляет для малых размеров труб 55 000—80 000, для средних 160 000—200 000 и для крупных 160 000 *t/год*.



В состав труболитейных цехов входят склады шихтовых и формовочных материалов, ваграночное, стержневое, труболитейное отделения, отделение для битумирования и различные вспомогательные отделения.

Технико-экономические показатели проектов специализированных труболитейных цехов указанных мощностей находятся в следующих пределах: съем с 1 м<sup>2</sup> общей площади цехов мелких размеров труб 3,5—4,7, средних 10—12, крупных 8 т/год. Выпуск на одного списочного рабочего соответственно 100—230, 700—800 и 600 т/год.

### 3. СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЕ ЛИТЕЙНЫЕ ЦЕХИ С КРУПНОСЕРИЙНЫМ ХАРАКТЕРОМ ПРОИЗВОДСТВА

Эксплуатация в течение ряда лет специализированных литейных заводов с крупносерийным и массовым характером производства отливок для продукции машиностроения — автомобильных, тракторных и других деталей создала условия для принятия оптимальных проектных решений.

На рис. 103—105 показаны проектные решения трех цехов [97], предназначенных для изготовления отливок деталей автомобиля из серого чугуна (рис. 103), ковкого чугуна (рис. 104) и стали (рис. 105). Все цехи двухэтажные, шириной по 72 м и длиной 300 м. Склад формовочных материалов на заводе общий. В проектах (рис. 103—105) предусмотрены открытая эстакада 1, склад шихты 2, отделения — плавильное 3, заливочное 4, формовочное 5, выбивное 6, смесеприготовительное для форм 7, стержневое 8, смесеприготовительное для стержней 9, очистное 10. В цехе стали и ковкого чугуна: 10 — участок первой очистки; 11 — термические печи; 12 — участок второй очистки.

Получение расплавленного ковкого чугуна осуществляется дуплекс-процессом с непосредственной передачей металла из вагранки в электропечь.

Об использовании первых этажей зданий можно судить по планировкам, приведенным на рис. 106, где показан первый этаж цехов ковкого чугуна а и серого чугуна б. На первом этаже расположены мастерская по ремонту оборудования и оснастки 1, отделение грунтовки отливок 2, склады стержневых ящиков 3, моделей 4, отливок (перед отжигом) 5, готовых отливок 6 и бытовые помещения 7.

Цехи запроектированы с учетом комплексной механизации и автоматизации производственных и транспортных процессов. Решены цехи в бесфонарном варианте с расчетом на искусственную вентиляцию. Технико-экономические показатели по указанным цехам приведены в табл. 77.

Практика строительства новых литейных цехов и заводов, реконструкции и технического перевооружения за последние годы

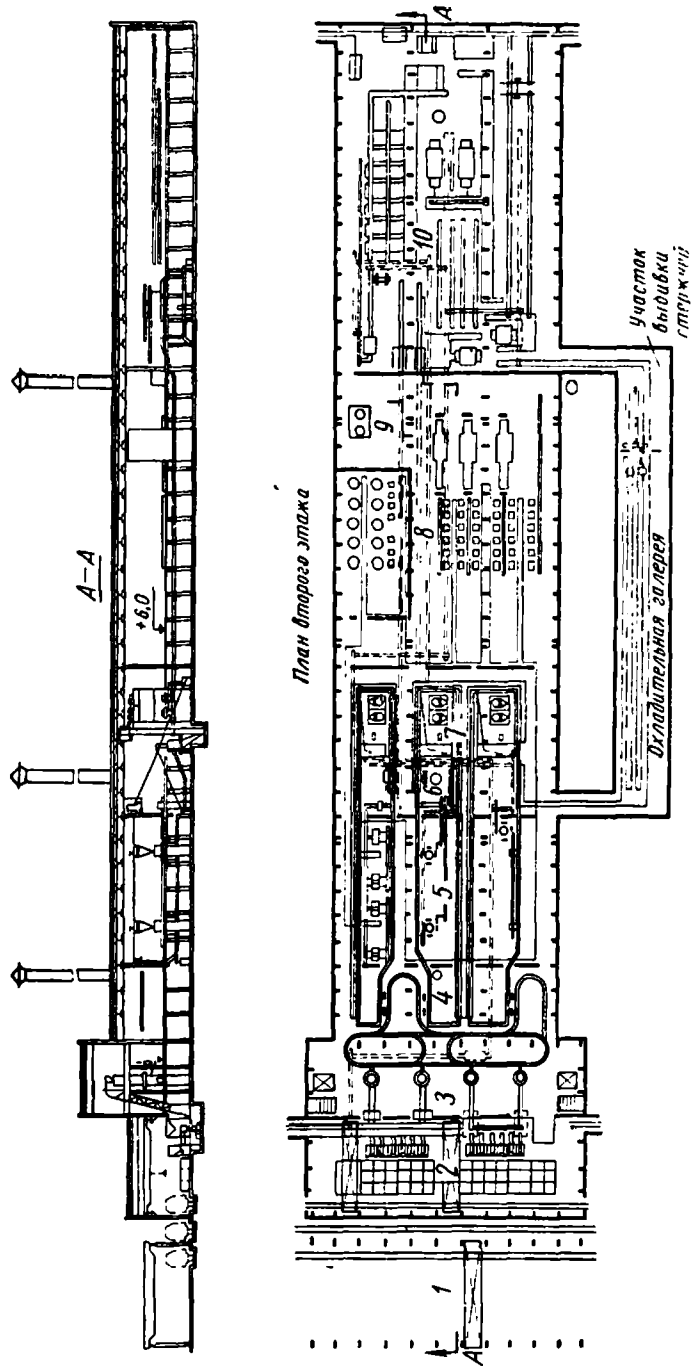


Рис. 103. План чугунолитейного цеха крупносерийного (массового) производства на выпуск 65 000 т/год (Гипроавтопром)

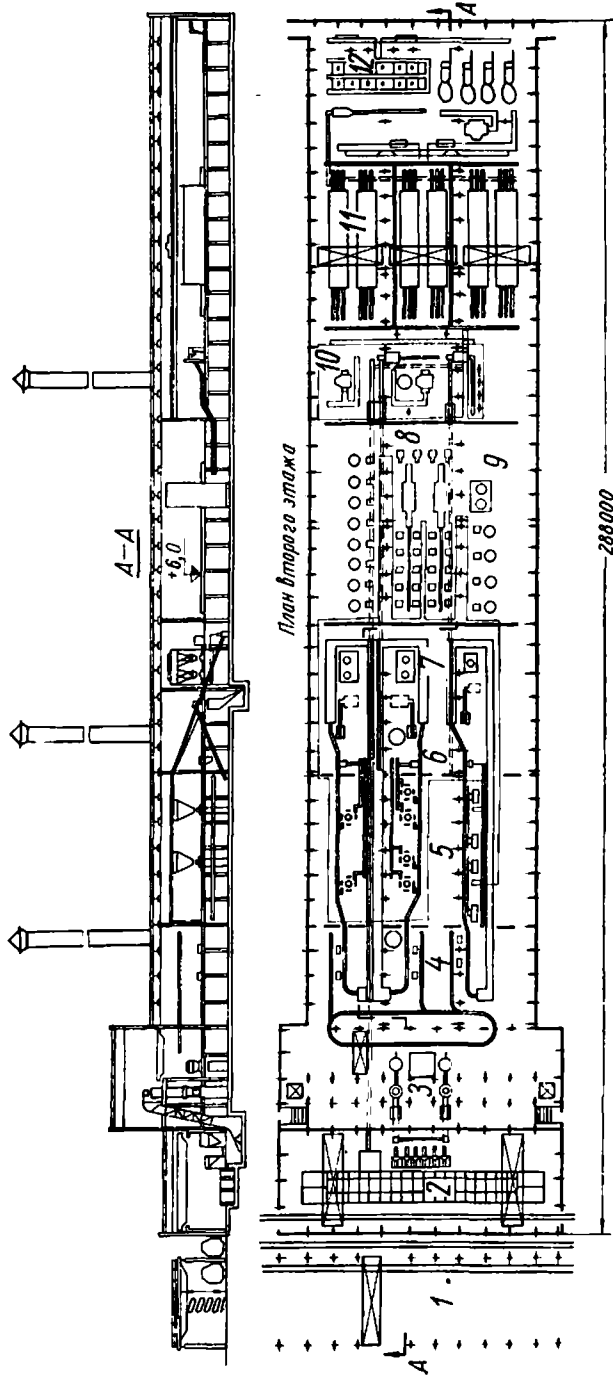


Рис. 104. План цеха ковкого чугуна для крупносерийного (массового) производства на выпуск 55 000 т/год (Гидроавтомпром)



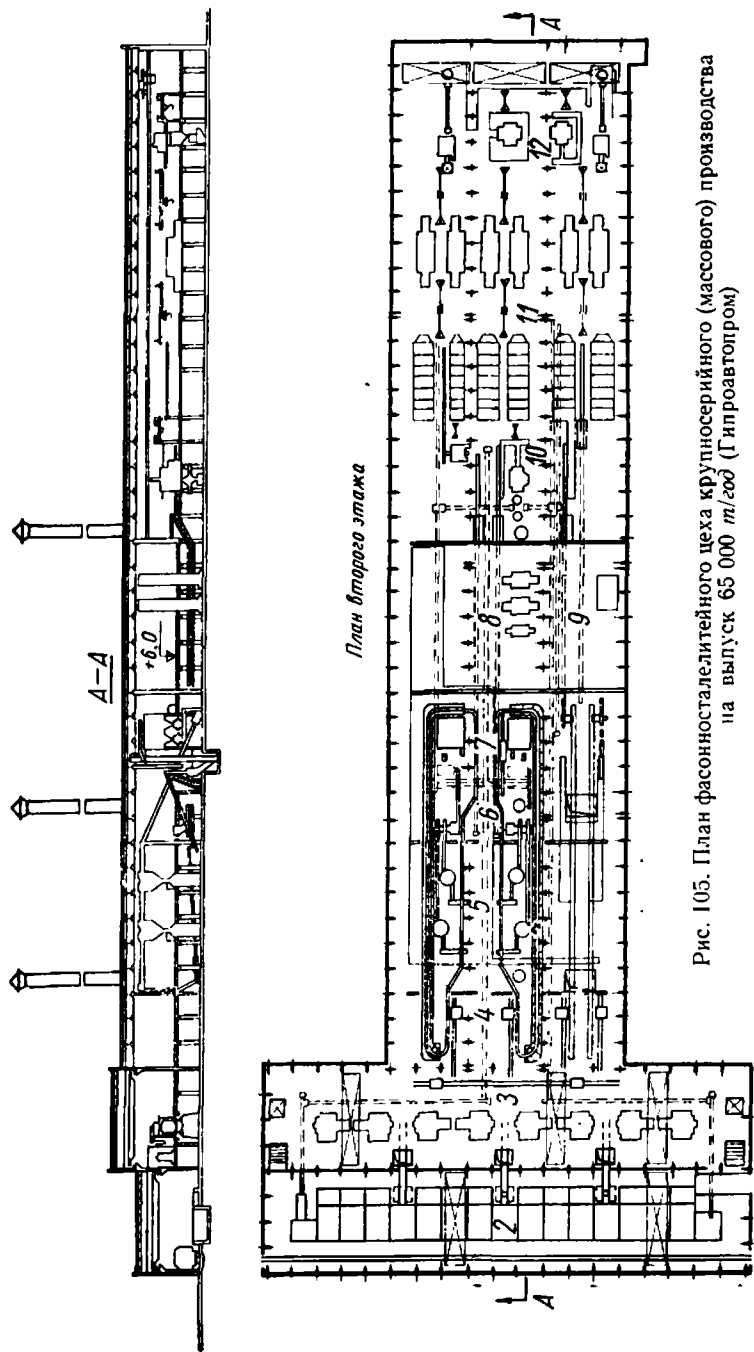
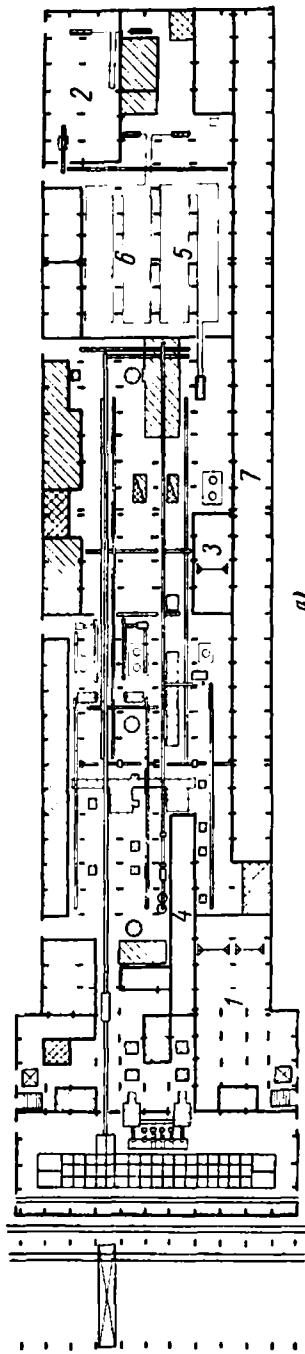
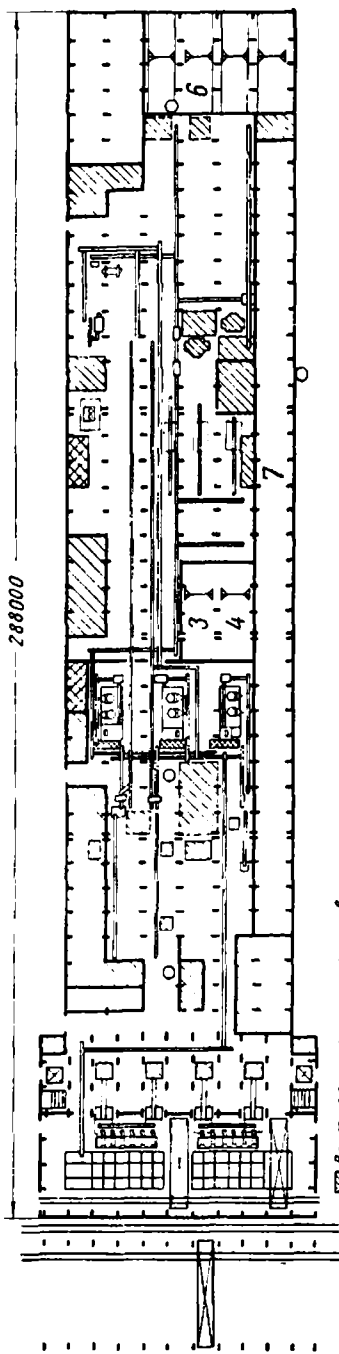


Рис. 105. План фасонносталелитейного цеха крупносерийного (массового) производства  
на выпуск 65 000 т/год (Гипроавтопром)



а)

288000



б)

▨ Вентиляционные устройства  
 ▩ Трансформаторные подстанции

Рис. 106. План первых этажей литейных цехов ковкого и серого чугуна (см рис. 103 и 104)

показала, что фактические капитальные затраты не всегда находятся в соответствии с запроектированными. Главными причинами этого является то, что предусматриваемое в проектах нестандартное автоматизированное высокопроизводительное оборудование и прочее нестандартное механизированное оборудование выпускается в настоящее время применительно к отдельным предприятиям в единичных комплектах или в малых сериях, удельный вес которого в общей стоимости литейного оборудования составляет 50—55%. В результате фактическая стоимость оборудования оказывается намного выше запроектированной.

Таблица 77

Технико-экономические показатели проектов специализированных литейных цехов крупносерийного (массового) производства автомобильных деталей

Показатели	Материал отливок		
	Серый чугун	Ковкий чугун	Сталь
Выпуск в тыс <i>t</i>	65	55	65
Вес отливок в кг:			
средний . . . . .	5,5	5,4	12,0
наибольший . . . . .	155	43	51
Число работающих . . . . .	598	555	806
Выпуск на одного списочного рабочего в <i>t/год</i> . . . . .	108	99	80
Площадь в <i>м</i> <sup>2</sup> :			
общая с учетом части первого этажа . . . . .	18 380	20 050	20 940
формовочно-заливочно-выбивная . . . . .	3 560	3 890	4 140
Съем с 1 <i>м</i> <sup>2</sup> общей площади в <i>т/м</i> <sup>2</sup>	3,5	2,74	3,11
Съем с 1 <i>м</i> <sup>2</sup> формовочно-заливочно-выбивной площади в <i>т/год</i> . . . . .	18,2	14,1	15,7
Установленная мощность в <i>квт/ква</i>	4470	12310/2850	4130/24 000
Мощность на 1 <i>т/год</i> в <i>квт/ква</i> . . . . .	0,07	0,21/0,05	0,06/0,37

Схожее с описанным выше проектное решение чугунолитейного цеха крупносерийного производства осуществлено в Англии фирмой Темза. Мощность цеха при двухсменной работе 100 000 *т/год* отливок головок и блоков цилиндров автомобильных и тракторных двигателей. Цех размещен в двух двухэтажных зданиях (рис. 107). На верхнем этаже размещены исключительно производственные помещения: отделения — плавильное 9, стержневое 12, очистное 13, смесеприготовительное 16; здесь же размещены формовочно-заливочные конвейеры 10, склад стержней 11, участок выбивки 14 и участок охлаждения отливок 15, бункер-отстойники 17. В нижнем этаже размещены склад шихты 1, вспомогательное помещение 2, участок регенерации песка 3, механическая мастерская 4, склад отливок 5, экспедиция 6, контора 7, столовая 8.

В другом здании производится подготовка формовочных материалов и частичная очистка отливок. На нижнем этаже этого здания расположены вспомогательные службы. Размеры главного корпуса  $365 \times 55$  м, вспомогательного  $213 \times 18$  м.

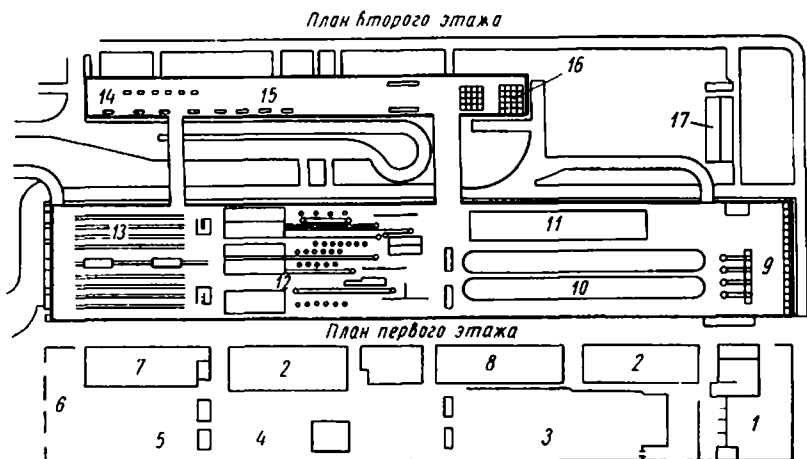


Рис. 107. Компановочная схема литейного завода Темза

На рис. 108 показан план стержневого отделения. В отделении размещены смесители 1, горизонтальные конвейерные сушила 2, линии изготовления стержней для литья барабанов 3, для литья блоков цилиндров двигателей 4, для литья маховиков 5, для литья картеров коробки скоростей 6, печь для подсушки стержней после окраски 7, бункера для песка 8.

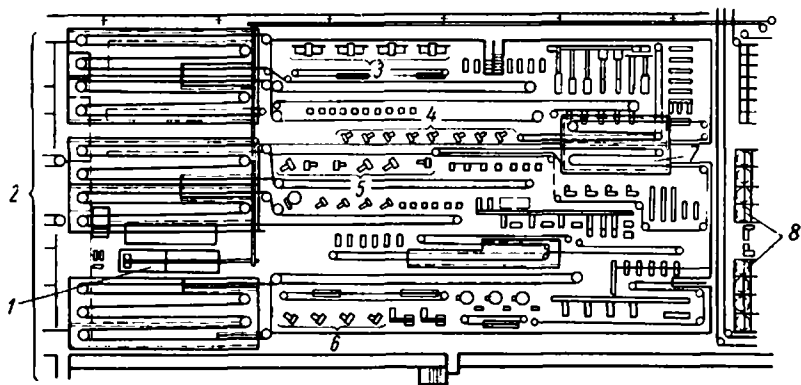


Рис. 108. План стержневого отделения литейного цеха Темза

для литья картеров коробки скоростей 6, печь для подсушки стержней после окраски 7, бункера для песка 8.

Изготовление всех стержней осуществляется пескодувными и пескострельными машинами. Формовка сосредоточена на двух конвейерных линиях (см. рис. 109), у каждой из которых установлено по восемь полуавтоматических встряхивающих машин с допрессовкой.

Формовочная линия № 1 предназначена для отливки блоков и головки цилиндров автомобильных двигателей, № 2 — для литья тракторных деталей. Все детали формуются в опоках размером  $1143 \times 762 \times 406$  мм.

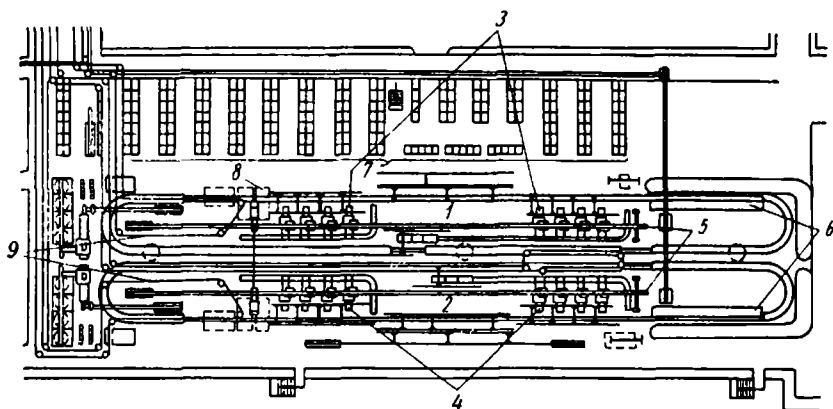


Рис. 109. План формовочного отделения литейного цеха Темза

План формовочного отделения показан на рис. 109. В плане предусмотрены формовочная линия № 1—1, формовочная линия № 2—2, формовочные машины для линии № 1—3, формовочные машины для линии № 2—4, транспортеры для подачи формовочной смеси в расходные бункера 5, участки заливки 6, стеллажи для хранения стержней 7, участки выбивки 8, охлаждающие конвейеры 9.

Обрубно-очистные операции выполняются на двух самостоятельных участках: подготовительная обдирка и зачистка заусенцев — во вспомогательном корпусе, окончательная обрубка — на пластинчатых конвейерах в торцевой части главного корпуса.

Планировка обрубно-очистного отделения представлена на рис. 110. В плане предусмотрены линии очистки отливок: картеров коробок скоростей 1, мелких деталей тракторов 2 и 3, головок 5 и 6, малых блоков цилиндров двигателей 7, блоков цилиндров малолитражных двигателей 8. Кроме того, в плане предусмотрены печь для предварительного нагрева 4, печь для снятия внутренних напряжений 9, дробеметные камеры 10.

Склад шихты в цехе отсутствует. Кровля плоская, без фонарей. На ней расположены трансформаторные и вентиляционные

устройства. Вентиляция искусственная, освещение преимущественно лампами дневного света.

Общая сумма затрат по цеху составляет 7,25 млн. ф. ст., или 72,5 фунта на 1 т мощности; стоимость строительных работ 45% общей, а стоимость системы отопления и вентиляции 8%. Для оценки последней цифры следует иметь в виду, что в литейных цехах, где наряду с искусственной вентиляцией применяется аэрация, стоимость вентиляционных устройств не превышает 4—5%.

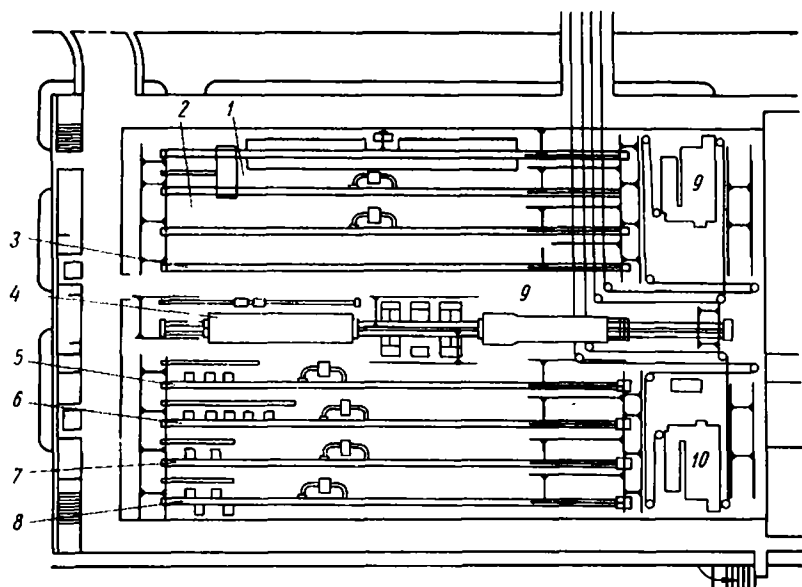


Рис. 110. План обрубного отделения литейного цеха Темза

Последним по времени строительства американским цехом чугунного автомобильного литья является цех фирмы Крайслер (Детройт) [177]. При площади застройки 100 000 м<sup>2</sup> цех расположен на территории участка размером 17 га и может беспрепятственно расширяться. Компоновка производственных помещений (рис. 111) позволяет расширять стержневое и очистное отделения на запад, плавильное и формовочное отделения, а также ремонтную и модельную мастерские — на восток.

Цех рассчитан на работу в две смены, причем ежечасно в цехе может выплавляться 100 т серого чугуна и 10 т чугуна с шаровидным графитом для коленчатых валов. Последний плавится в индукционной печи на холодной завалке, а все остальное — дуплекс-процессом, для чего установлены две вагранки и три индукционных миксера. Площади различных участков цеха:

четыре формовочные линии по  $2000-2500 \text{ м}^2$ , линия стержней для головки блока  $4400 \text{ м}^2$ , две другие стержневые линии по  $3000 \text{ м}^2$ ; линия очистки коленчатого вала  $1800 \text{ м}^2$ , а остальные линии очистки на  $2600 \text{ м}^2$ ; площадь ремонтной мастерской  $6400 \text{ м}^2$ , модельного отделения  $2500 \text{ м}^2$ , склада отливок  $6500 \text{ м}^2$  и экспедиции  $2400 \text{ м}^2$ .

Цех включает в себя четыре технологических потока, оборудованных автоматическими формовочными линиями. На каждой

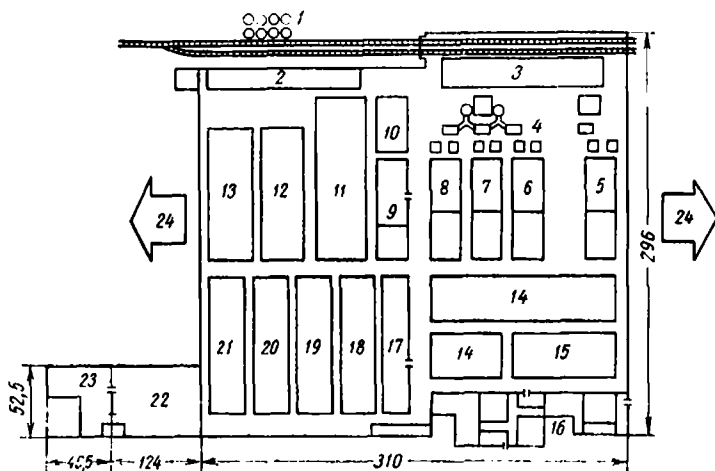


Рис. 111. Компоновка чугунолитейного цеха фирмы Крайслер

1 — силосные бункера для хранения песка; 2 — склад формовочных материалов; 3 — склад шихтовых материалов; 4 — плавильное отделение; 5 — линия коленчатого вала; 6 — линия разных деталей; 7 — линия головки блока; 8 — линия блока цилиндров; 9 — лаборатория; 10 — экспериментальный участок; 11 — линия стержней головки блока; 12 — линия стержней блока цилиндров; 13 — линия разных стержней; 14 — ремонтные мастерские; 15 — модельное отделение; 16 — бытовые помещения; 17 — линия очистки коленчатого вала; 18 — линия очистки разного литья; 19 — линия очистки головки блока цилиндров; 20 — линия очистки блока цилиндров; 21 — резервный участок; 22 — склад литья; 23 — экспедиция; 24 — направления возможного расширения

линии установлены две прессовые машины, работающие от гидравлической системы с давлением  $125 \text{ атм}$  и уплотняющие полуформы до твердости  $85-90 \text{ ед}$ .

Схема одного из технологических потоков представлена на рис. 112. Из схемы видно, что по выходе из машин нижняя и верхняя полуформы направляются в разные стороны. Пройдя кантователь, нижняя полуформа с поворотного стола пневматическим толкателем подается на приводной напольный конвейер. При помощи зажимного подъемного устройства нижняя полуформа снимается с конвейера и ставится на платформу подвески цепного транспортера. Точность установки  $1,5 \text{ мм}$ . Во время установки подвеска не связана с приводной цепью и стоит строго

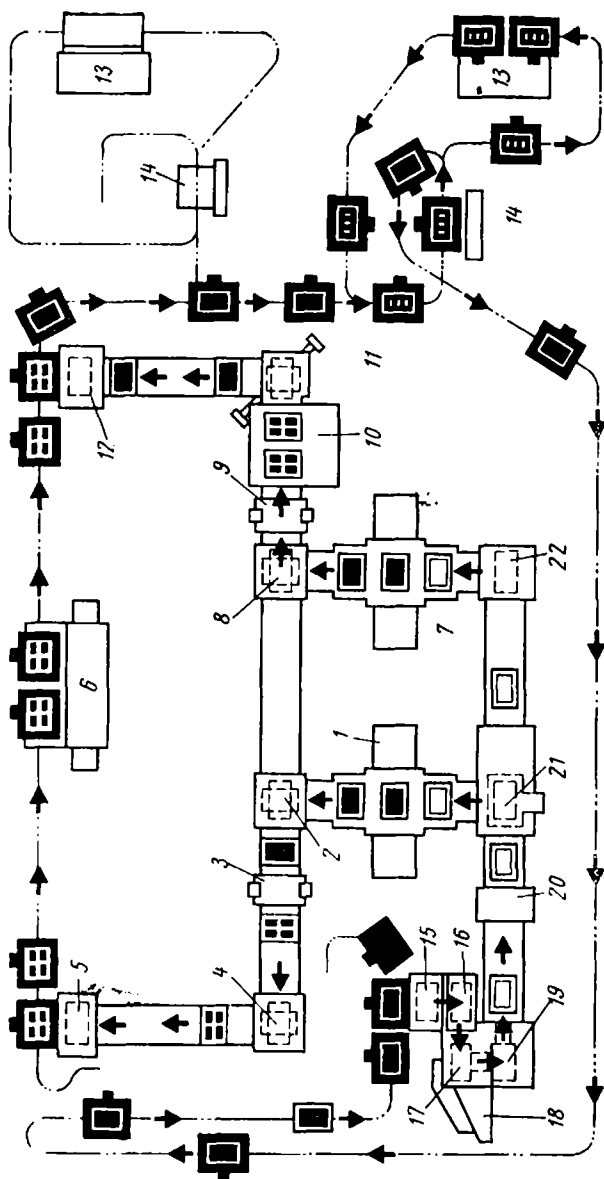


Рис. 112. Схема технологического потока в чугунолитейном цехе Крайстлер:

1 — машина для нижней полуформы; 2 — поворотный стол; 3 — кантователь нижней полуформы; 4 — поворотный стол; 5 — установка нижней полуформы; 6 — машина для верхней полуформы; 7 — кантователь верхней полуформы; 8 — поворотный стол; 9 — кантователь верхней полуформы; 10 — машина для верхних каналов вентиляционных каналов; 11 — поворотный стол; 12 — кантователь верхней полуформы; 13 — машина для сборки форм; 14 — устройство для сборки форм; 15 — укладчик груза; 16 — раскрыватель форм; 17 — машина для верхней полуформы; 18 — выжимка отливок; 19 — выдавливание отливок и смеси из форм; 20 — передача верхних опок; 21 — разделитель опок; 22 — передача верхних опок.



вертикально. Платформа обработана с точностью  $\pm 0,25$  мм и смонтирована на подвеске строго горизонтально при помощи установочных винтов. Стальные сварные опоки с размерами в свету  $915 \times \times 1423$  мм обработаны с той же степенью точности. После установки нижней полуформы подвеска соединяется с приводной цепью, направляется к позиции установки стержней и здесь останавливается. Над нижней полуформой становится челночное приспособление, которое опускается, чтобы установить стержни, и затем возвращается за следующим комплектом стержней. Стержни доставляются цепным транспортером, который опускается до уровня пола в середине формовочной линии. Стержни снимаются с полок транспортера на челночные приспособления с каждого конца устройства для установки стержней.

К сборочному устройству нижняя полуформа с установленными в нее стержнями подается подвесным транспортером, а верхняя полуформа — приводным напольным транспортером. Собранные формы подаются на одну из двух позиций, где каждая подвеска отключается от приводной цепи и останавливается для приема жидкого чугуна. На каждой из двух заливочных позиций находится два 3-тонных заливочных ковша, поворачивающихся от гидропривода, и получающих чугун из 6-тонных раздаточных ковшей по весу, находясь на весовых датчиках сопротивления. Взвешивается и чугун, заливаемый в форму.

Оператор в контрольной кабине, расположенной против ковшей данной заливочной позиции, при помощи рычага управляет работой поворачивающих цилиндров, а при помощи кнопок включает вибрационные питатели, подающие отвешенными порциями необходимые добавки в струю чугуна из раздаточного ковша в заливочный. Из заливочных ковшей чугун поступает в стационарный приемник с желобом, направляющий его прямо в стояк формы. Система спроектирована на заливку одной формы через 30 сек на каждой заливочной позиции, что соответствует заливке 240 форм в час на одной формовочной линии. Пока заливка остается полуавтоматизированной, но в будущем возможна ее полная автоматизация.

Залитые формы на подвесном транспортере поступают в подвал для охлаждения, время которого может регулироваться в пределах до 50 мин. В конце заданного периода остывания формы возвращаются на первый этаж. Здесь поочередно каждая подвеска останавливается на позиции, где форма сталкивается. Челночное устройство забирает форму с этой позиции и поднимает ее на установку, выдавливающую из опок смесь и отливки. То же челночное устройство ставит опорожненные опоки на позицию передачи, откуда приводной напольный конвейер подает их во встряхивающее устройство, освобождающее опоки от приставшей смеси. Далее происходит распаровка опок, после чего верхняя опoka поднимается и по приводному напольному конвейеру идет

к машине для верхних полуформ, а нижняя опока слегка опускается и проталкивается на такой же конвейер, подающий ее к машине для нижних полуформ.

Выбитая смесь и отливки подаются на сепаратор, состоящий из качающейся стальной изложницы с наклоном в двух направлениях. Сепаратор подает отливки вверх на всей своей длине (около 10 м) к сталкивающему устройству. Отливки на пониженной стороне изложницы скользят по рельсам, между которыми смесь и комья проваливаются на вибрационную решетку. Отливки с качающегося сепаратора сталкиваются на цепной транспортер, который поднимает их в охлаждающую галерею, где происходит окончательная выбивка смеси и стержней из отливок. Здесь же отделяют литники и обрубает отливки, которые затем на подвесках цепного транспортера подаются в очистное отделение.

Недавно построенный новый литейный цех фирмы Рено (Франция) интересен использованием возможностей двухэтажного здания для локализации наиболее шумных и тепловыделяющих операций технологического процесса [213].

Цех выпускает ежедневно при двухсменной работе 70 т отливок из ковкого чугуна и стали для автотракторной промышленности. Компоновка цеха представлена на рис. 113. Главное здание цеха двухэтажное. В торец к нему расположен отдельно стоящий склад шихты и формовочных материалов. На верхнем этаже здания сосредоточены процессы и установки, более чистые и менее шумные, а также конторы и бытовые устройства. В нижнем этаже расположены смесеприготовление, выбивка, дробеметная очистка, термическая обработка и различные вспомогательные установки и помещения. Крайний пролет одноэтажный, с мостовыми кранами (для производства единичных отливок).

В плавильном отделении цеха установлено восемь индукционных печей емкостью по 4 т для выплавки чугуна и стали и две печи емкостью по 1,5 т для плавки специальных марок стали. Выбор индукционных печей, помимо их санитарно-гигиенических преимуществ, был обусловлен технико-экономическими соображениями. Формы для крупносерийного литья изготавливаются на двух автоматических линиях, оборудованных четырехпозиционными автоматами, для мелкосерийного литья — на встряхивающих формовочных машинах с программным автоматическим управлением. Каждая формовочная линия обслуживается своей смесеприготовительной системой с автоматическим контролем качества смеси.

Отжиг отливок производится в термических печах непрерывного действия с газовым нагревом радиационными трубами и защитной атмосферой из азота.

Строительство цеха, продолжавшееся около 14 мес., обошлось в 50 млн. франков.

Одним из высокомеханизированных современных литейных цехов, введенных в эксплуатацию за последнее время в Европе, является цех литейного завода фирмы Фиат в г. Карманьоле (Италия). Цех состоит из основного здания и отдельно стоящего корпуса обрубки и очистки отливок. Вдоль этих корпусов размещаются двухэтажные конторско-бытовые помещения, которые служат им как бы фасадом.

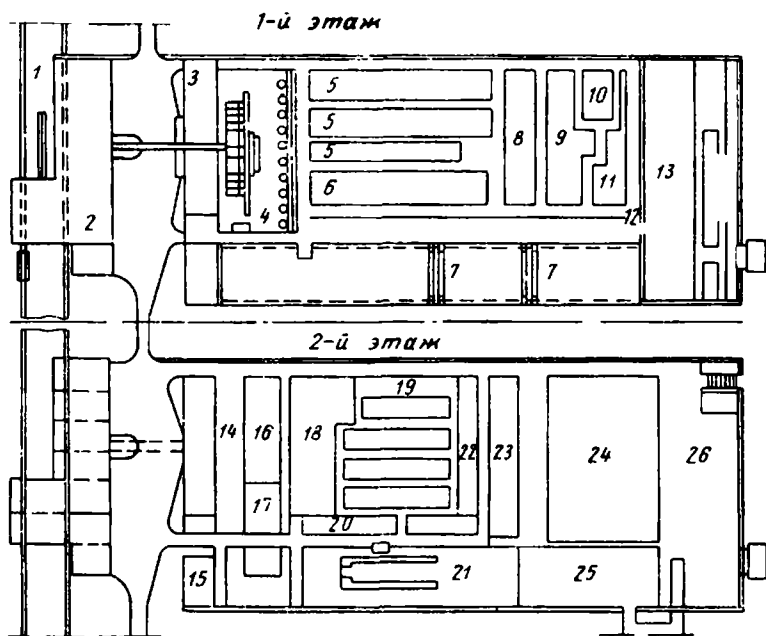


Рис. 113. Компонка цеха ковкого и стального литья фирмы Рено:

1 — склад свежего песка; 2 — шихтовый двор; 3 — плавильное отделение, 4 — плавильные печи; 5 — изготовление форм для отливок из ковкого чугуна, 6 — изготовление форм для стального литья; 7 — мостовые краны; 8 — стержневое отделение; 9 — обрубка; 10 — исправление литья; 11 — промучный склад литья; 12 — окрасочный конвейер; 13 — бытовые помещения; 14 — ремонтная мастерская; 15 — лаборатория формовочных материалов; 16 — печи для специальных сталей; 17 — генераторы; 18 — компрессорная и котельная; 19 — смесеприготовительное отделение; 20 — склад деревянных моделей, 21 — формовка единичных отливок; 22 — выбивка; 23 — дробеметная очистка, 24 — печи для термообработки; 25 — обрезка литников; 26 — экспедиция

Цех рассчитан на выпуск 220 т/сутки при двухсменной работе отливок для автотракторной промышленности из ковкого и серого легированного чугуна и чугуна с шаровидным графитом.

Схематический план цеха представлен на рис. 114. Для плавки металла установлено следующее оборудование: блок из двух вагранок производительностью 20 т/ч с подогревом дутья и водяным охлаждением и рекуперацией тепла для получения серого и ковкого чугуна, а также электродуговая печь емкостью 30 т,

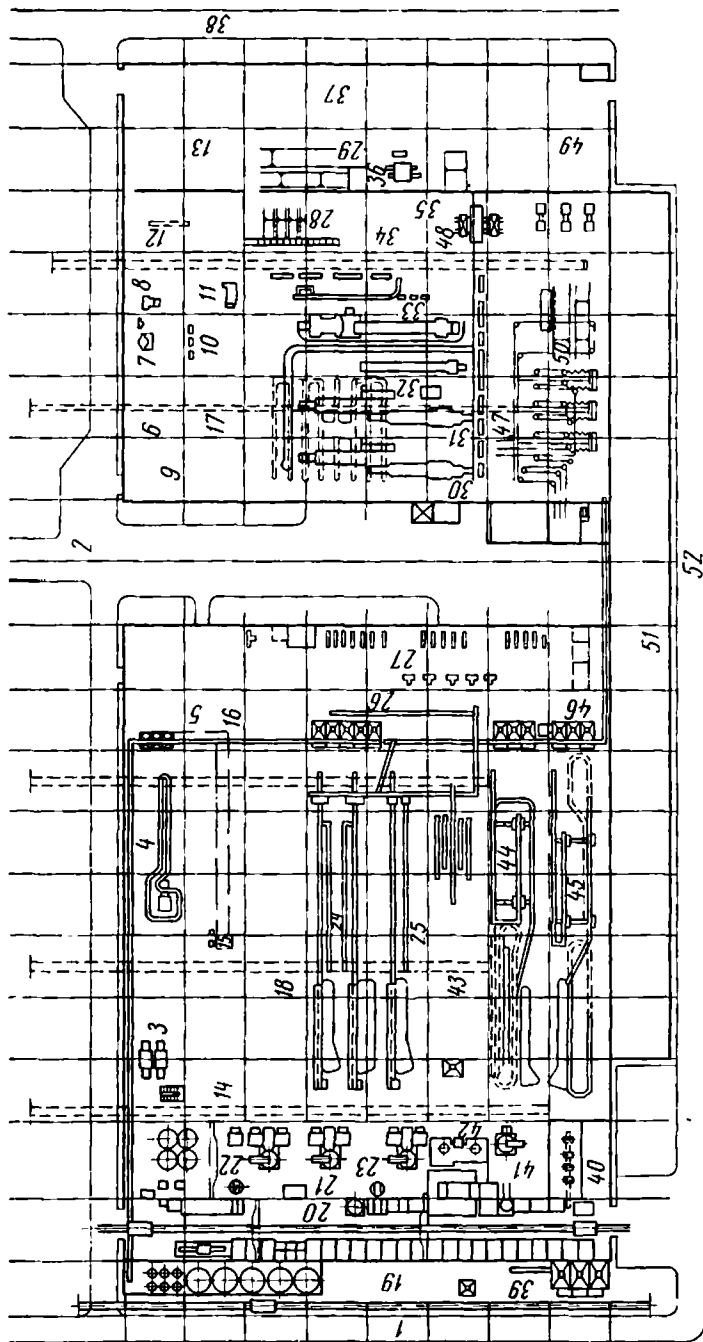


Рис. 114. План литейного цеха фирмы Фнат:

1, 2, 38 и 52 — уличные проезды; 3 и 14 — отделка стержней; 4 — изготовление песчано-масляных стержней; 5 — установка для приготовления стержневой смеси; 6, 9 и 34 — зачистка и хранение отливок; 7 и 10 — прессы; 8 и 11 — дробеструйная очистка; 12 и 13 — конвейер; 15 — изготовление оболочковых стержней; 16 — изготовление каркасов; 17, 28, 29 и 35 — зачистка и тарирование отливок; 18 — склад готовых стержней; 19 — бункера для хранения песка; 20 — участок подготовки шихты; 21 — плавильное отделение; 22, 23 и 41 — плавильные печи; 24 — формовочные линии I; 25 — формовочная линия II; 26 и 46 — установки для приготовления формочной смеси; 27 — ремонтное отделение; 30, 31, 32, 33, 36 и 48 — нагревательные печи; 37 — склад готовых отливок и экспедиция; 39 — мочальная линия IV; 40 — талтовочные барабаны; 42 — вагранки; 43 — формовочная линия; 44 — формовочная линия III; 45 — формовочная линия II; 47 и 49 — установка для зачистки литников; 50 — участок выработки стержней и зачистка литников; 51 — служебно-бытовые помещения

работающая на жидкой завалке для перегрева металла и корректировки химического состава.

Для производства легированного чугуна и чугуна с шаровидным графитом установлены три электродуговые печи емкостью 30 т, каждая из которых работает в блоке с двумя индукционными печами промышленной частоты емкостью 15 т.

Шихта поставляется в пролет железнодорожными вагонами и разгружается кранами в контейнеры или специальные боксы. Кокс хранится в большом бункере вне здания и поступает на загрузку ленточным транспортером, которым подаются также различные сплавы и флюс. Трансформаторные подстанции для питания электрических печей расположены в подвальном этаже печного пролета. В цехе организовано четыре технологических потока изготовления отливок, каждый из которых представляет собой ряд жестко связанных между собой операций, начиная от формовки и заливки и кончая остыванием и зачисткой литников. Каждый из потоков включает одну или две формовочные линии, расположенные вдоль оси главного здания и почти полностью автоматизированные. Каждая линия обслуживается смесеприготовительной установкой, имеющей оборудование для увлажнения и охлаждения выбитой смеси. Песок в смесеприготовительную установку транспортируется из вертикальных силосов склада ленточным транспортером. Две линии I (для опок  $900 \times 1100 \times 450$  мм) имеют общую установку выбивки литья из опок, общий охлаждающий конвейер и единый пластинчатый транспортер для зачистки литников. Каждая линия имеет одну формовочную машину, изготовляющую попеременно верхнюю и нижнюю полуформу и передающую их автоматически на два приводных рольганга, где производится сборка. После заливки формы опускаются в подвальный этаж и поступают в туннель для остывания, в котором отливки размещаются в три этажа и могут находиться до 3 ч, после чего направляются на выбивку. Линии работают с ритмом 50 форм в час.

Линия II (для опок  $800 \times 700 \times 300$  мм) отличается от линии I наличием двух встряхивающих с подпрессовкой машин, изготовляющих соответственно верхнюю и нижнюю полуформы. В остальных линиях аналогичны. Линия работает с ритмом 80 форм в час.

Линии III и IV (для опок  $800 \times 700 \times 260$  мм) полностью независимы одна от другой и имеют производительность 240 форм в час. Каждая линия состоит из двух встряхивающих с подпрессовкой машин. Формы автоматически сталкиваются на конвейер длиной 460 м, обеспечивающий время остывания 30 мин, после чего отливки выбиваются и поступают в подвальный этаж. Ковши с жидким металлом емкостью 1 т подаются к линиям автотележками и, будучи подвешены к тельферам, движутся синхронно движению конвейера. Каждую линию обслуживают в среднем 13 рабочих.

Отливки, выбитые из опок, очищаются в подвальном этаже от стержней и песчаной смеси, загружаются автоматически в корзины конвейера и направляются для охлаждения в отдельный корпус. После охлаждения отливки подаются на вибрирующие решетки, где окончательно очищаются от остатков стержней и поступают на конвейер зачистки литников. Затем отливки проходят дробеструйную очистку, термическую обработку в печах непрерывного действия и значительная часть отливок поступает на контроль. Крупные и средние отливки линий I и II проходят отделочные операции.

Стержневое отделение цеха снабжается смесями от отдельной установки, состоящей из трех бегунов. Большое применение получили, помимо традиционных способов изготовления, новые процессы с применением фурановых и феноловых смол в горячих ящиках, для чего установлено 11 кантующих машин и 13 машин различных типоразмеров.

Изготовление песчано-масляных смесей организовано на 11 пескодувных машинах. Стержни транспортируются в корзинах конвейера и автоматически подаются в вертикальную сушильную печь непрерывного действия.

Отдел технического контроля отливок оснащен всеми современными средствами контроля качества, начиная от оптических приборов и кончая приборами для испытания без разрушения образца.

Несомненный интерес представляет недавно разработанный в нашей стране проект одного из крупнейших фасонносталелитейных цехов массового производства машиностроительных отливок. Цех рассчитан на ежегодное изготовление 150 000 *t* отливок тракторных запасных частей из марганцевой стали и 50 000 *t* из углеродистой стали.

Производство отливок запроектировано в двух вариантах, один из которых предусматривает наличие одного корпуса литейного и одного термообрубного. Корпуса имеют частично двухэтажную застройку.

Литейный корпус состоит из следующих отделений: склад шихты и формовочных материалов; плавильное, оборудованное электродуговыми печами ДСП-12; формовочно-заливочно-выбивное, состоящее из восьми автоматических линий и расположенное на втором этаже; стержневое с пескодувными и пескострельными машинами и централизованное смесеприготовительное отделение, использующее механический и пневматический транспорт.

На первом этаже под формовочно-заливочно-выбивным отделением расположены вентиляционные установки, экспресс-лаборатория и разные вспомогательные службы. В термообрубном корпусе наряду с отделениями для очистки и термической обработки отливок из марганцевой и углеродистой стали расположены

отделение точного литья, экспедиция, главный магазин, ремонтно-механическая мастерская и прочие службы.

Общая площадь цеха составляет 36 200 м<sup>2</sup>. Соответственно сьем с 1 м<sup>2</sup> около 2 т/год.

#### 4. СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЕ ЛИТЕЙНЫЕ ЦЕХИ С МЕЛКОСЕРИЙНЫМ ХАРАКТЕРОМ ПРОИЗВОДСТВА

Принципиальная новизна специализации мелкосерийного производства отливок на основе их поточного изготовления привела к появлению ряда поточных установок для изготовления форм и стержней типа линий скользящей оснастки, описанных выше.

Благодаря поточной организации производства планировки мелкосерийных цехов во многом схожи с описанными в предыдущем параграфе планировками литейных цехов крупносерийного производства. Они отличаются главным образом значительными площадями для хранения и подготовки оснастки, связанными короткими коммуникациями с формовочными и стержневыми отделениями.

На рис. 115 представлена проектная планировка станкостроительного чугунолитейного цеха мощностью 18 000—20 000 т/год отливок весом до 3 т.

В планировке объединены склад шихты и формовочных материалов 1, отделения: плавильное 2 — для изготовления отливок весом до 100 кг с годовым выпуском 7000 т; стержневое 3 — двухэтажное (на первом этаже расположены склады стержней и оснастки); 4 — для изготовления отливок весом 100—3000 кг с годовым выпуском 13 000 т/год — 5, смесеприготовительное 7, выбивное 8. В выбивном отделении отливки удаляются из форм, охлаждаются в специальных камерах и подвергаются гидроочистке. Обрубное 12 и грунтовочное 11 отделения размещены отдельно, так же как и бытовые помещения 9 и 10 и склады 6.

Технико-экономические показатели проекта следующие: общая площадь 14 576 м<sup>2</sup>, а без учета первого этажа 11 876 м<sup>2</sup>, соответственно сьем 1,3 и 1,6 т/м<sup>2</sup>/год; число работающих 477; выпуск на одного рабочего 52 т/год.

На рис. 116 и 117 изображена построенная по такому же принципу технологических потоков планировка чугунолитейного цеха на 35 000—40 000 т/год [118]. Цех состоит из П-образного литейного корпуса (рис. 116), отдельно стоящего обрубно-очистного корпуса (рис. 117) и бытового помещения.

П-образный корпус сблокирован из двух трехпролетных зданий: левого — крупных отливок, правого — мелких и средних отливок; в разрыве между зданиями находится крытая эстакада для промежуточного хранения опок. Здания соединены между

собой складом шихты и формовочных материалов, транспортными коммуникациями и сквозными проходами.

Отделение крупных отливок предназначено для производства 20 000 т отливок весом от 0,5 до 5 т. Крайний левый пролет отделения (стержневая) двухэтажный. На верхнем этаже проектируется изготовление стержней с помощью пескомета и пескодувных машин с химическим упрочнением или сушкой в вертикальных

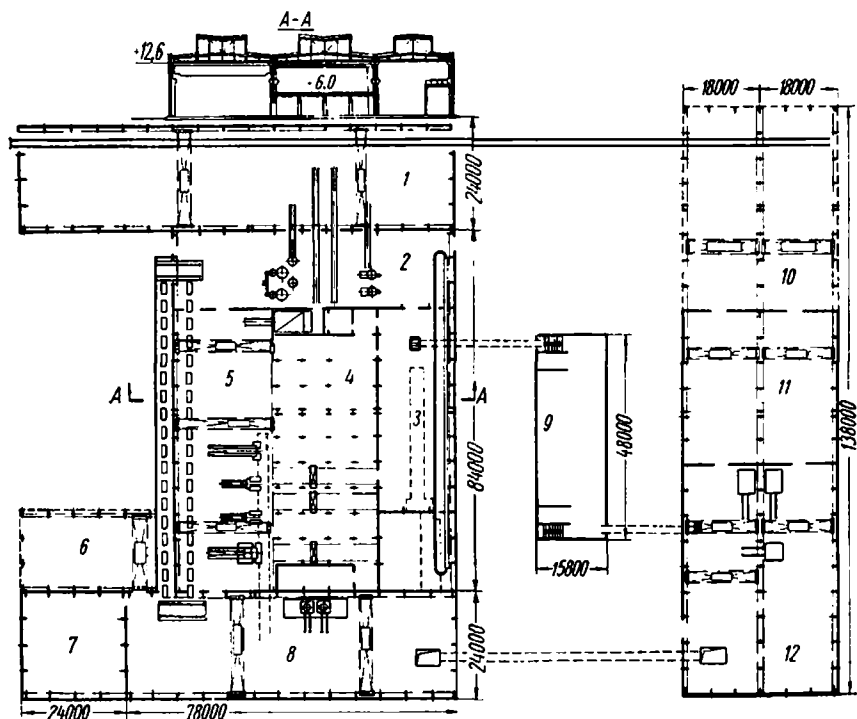


Рис. 115. План цеха чугунолитейного станкостроительного литья мощностью 18 000—20 000 т отливок весом до 3 т (Укрग्रипромаш)

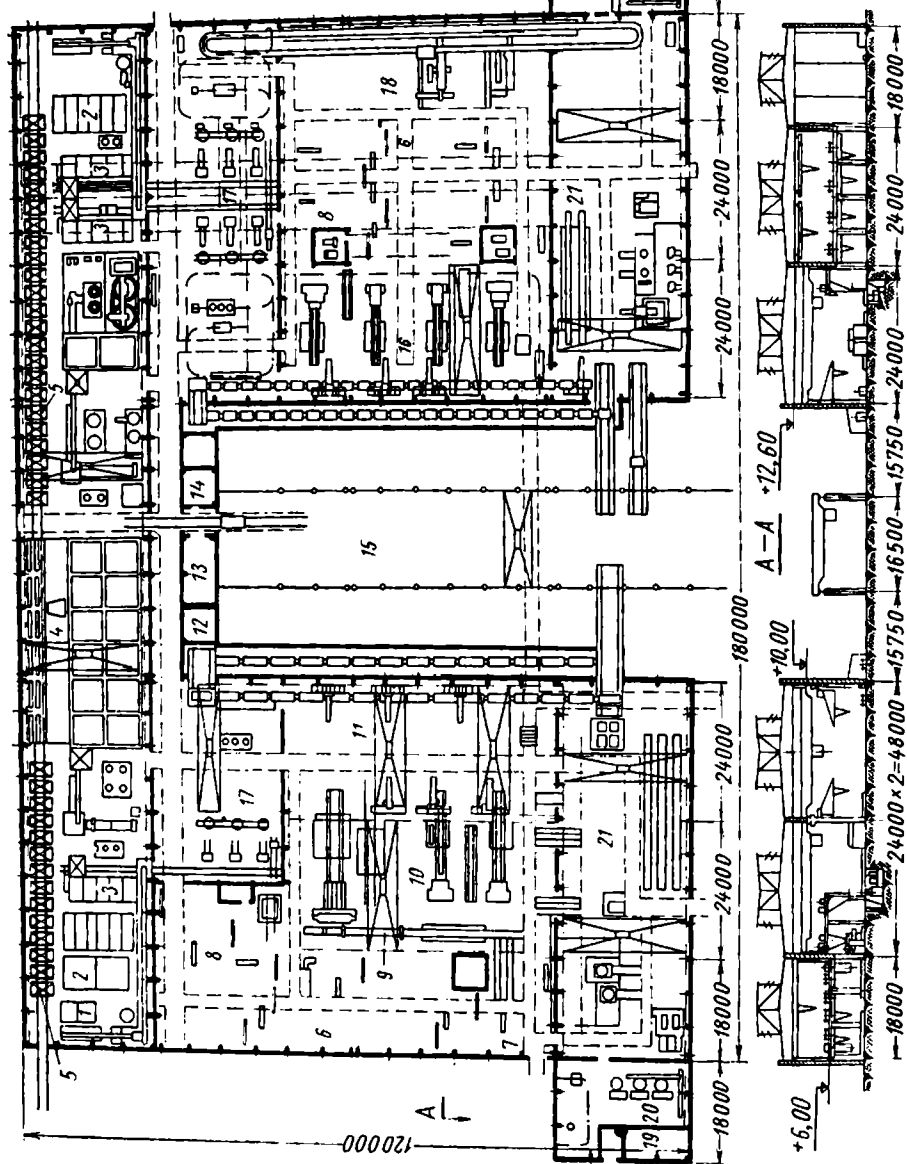
конвейерных печах и отделкой также в общем потоке. Нижний этаж занимает промежуточный склад стержней и межоперационный склад модельной оснастки. Подача стержней на сборку осуществляется электрокарами с подъемной платформой. Изготовление форм для отливок, выпускаемых мелкими сериями, осуществляется в среднем пролете поточным способом в линии пескомет—кантователь — подсушивающий агрегат с выдачей в крайний пролет на сборку.

Потоку форм сопутствует поток модельных плит, начинающийся и заканчивающийся в межоперационном складе оснастки. Формы для отливок, выпускаемых большими сериями, изготавливаются



Рис. 116. План цеха станкоотделного литейного мощностного 35 000—40 000 т отливков весом до 5 т (Гипростанок, Ленинград):

1 и 2 — бункера для металлической шихты; 3 — сучные закрома для песка; 4 — разгрузочная яма и закрома; 5 — установка для хранения кокса; 6 и 7 — межоперационные склады и участки подготовки оснастки; 8 — склады стержней; 9 — линия скольжения оснастки для изготовления крупных форм; 10 — участок машиностроительной формовки; 11 — отделение сборки и заливки крупных форм; 12—14 — центральные вентиляционные системы; 15 — внутренняя отапливаемая; 16 — отапливаемая; 17 — отделение литейного; 18 — отделение формовки мелких отливок; 19 — трансформаторная подстанция; 20 — смешивание отливок; 21 — отделение выковки и очистки



отделение формовки средних отливок; 17 — литейное отделение; 18 — отделение формовки мелких отливок; 19 — трансформаторная подстанция; 20 — смешивание отливок; 21 — отделение выковки и очистки

на машинах марки 235. Пустые опоки подаются из пролета выбивки шагающим конвейером.

Сборка форм осуществляется на тележечном конвейере с охлаждающей ветвью вне здания. Формы, которые по массивности отливок нуждаются в дополнительном охлаждении, передаются механизированной тележкой под эстакаду. Отдельные негабаритные крупные отливки собираются из стержней в жакетах и заливаются на площади сборочного пролета в третью смену.

Выбивка форм и очистка отливок проектируются в торцовом пролете, где предусмотрена специальная горизонтальная камера

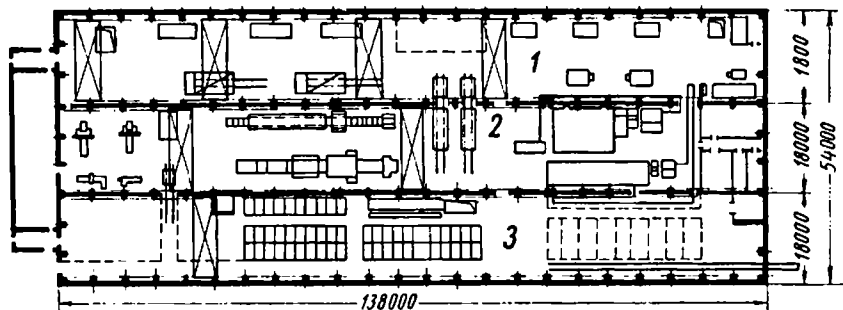


Рис. 117. План обрубного корпуса на годовой выпуск 35 000—40 000 т отливок

для принудительного остывания отливок, а также камеры для гидropескоструйной очистки.

Отделение мелких и средних отливок предназначено для изготовления деталей весом до 500 кг в количестве 15 000 т/год. Вследствие разнообразия номенклатуры отливок отделение решено в двух специализированных потоках: первый для производства отливок весом до 100 кг (7000 т/год), второй — для производства отливок весом 100—500 кг (8000 т/год).

Производство мелких отливок, изготавливаемых в унифицированных формах (800×600 и 600×500 мм), автоматизировано; ручные операции сохранены лишь на сборке стержней. Линия изготовления мелких отливок проектируется из двух самостоятельных автоматических агрегатов для формовки, объединенных едиными плавильными агрегатами, единым устройством автоматического гружения форм перед заливкой и автоматической выбивкой и возвратом опок.

Выбитые отливки передаются автоматически в непрерывно действующую вертикальную камеру, откуда в вертикальном возвратном движении поступают на отбивку литников и в гидropескоструйные барабаны, а затем транспортируются в обрубное отделение. Поток средних отливок решается установкой универсальных машин (две для нижних, две для верхних опок), сблокированных с агрегатами для подсушки форм, со сборкой на конвейере. Поток

обеспечен самостоятельными плавильными агрегатами. Заливка всех форм производится на конвейере. Охлаждение залитых форм происходит под кожухом конвейера вне здания; кроме того, создана возможность дополнительного остывания массивных отливок в формах под эстакадой. Выбивка механизирована. Последующее охлаждение отливок производится в горизонтальных проходных камерах, очистка — в гидropескоструйных камерах. В выбивных пролетах осуществляется также первичный контроль отливок.

Изготовление стержней для обих потоков цеха централизованно; стержневое отделение располагается во втором этаже среднего пролета, а комплектация и промежуточное хранение стержней — в первом. Там же размещается промежуточный склад оснастки.

Склад, находящийся в чугунолитейном корпусе, рассчитан на хранение всего потребного заводу количества формовочных материалов. На складе располагается централизованное регенерационное отделение. Там же организовано складирование кокса в объеме месячной нормы хранения, его просев и механическая передача к месту набора шихты. Хранение металлической шихты предполагается в данном складе в размере запаса нескольких смен, так как основное хранение металла организуется в стоящей отдельно крытой эстакаде, сопряженной с копром. Вентиляционные и другие службы размещаются в специальном техническом пролете, примыкающем к складу между блоками зданий.

Корпус обрубки и отделки отливок (рис. 117) представляет собой трехпролетное здание, где пролет 1 занят обрубным отделением, пролет 2 — грунтовочным, а пролет 3 — складом отливок и экспедицией. Обрубное отделение организовано двумя потоками, соответствующими литейным цехам мелких, средних и крупных отливок.

Обрубленные и зачищенные отливки, проходят, если это требуется, заварку, контрольную обдирку и искусственное старение и поступают после дробеметной очистки на грунтовку. Процесс грунтовки выполняется на четырех поточных линиях, включающих ванны для обезжиривания, устройства для обдувки, ванны для грунтовки и сушильную камеру. Этот процесс осуществляется автоматически.

Загрунтованные отливки передаются на склад. На складе происходит окончательный контроль; там же предусмотрена установка для промышленной гамма-дефектоскопии, производится комплектация и отправка продукции.

Технико-экономические показатели рассматриваемого цеха приведены ниже.

Годовой выпуск отливок в т . . . . .	40 000
Общая площадь цеха (без бытовых помещений) в м <sup>2</sup>	21 226
В том числе производственная . . . . .	14 020
Количество рабочих . . . . .	611

Установленная мощность силовых токоприемников	
в квт . . . . .	5836
Съем отливок с 1 м <sup>2</sup> общей площади в т/год . . . . .	1,9
Выпуск на одного рабочего в т/год . . . . .	65
Установленная мощность токоприемников в квт:	
на 1 т выпуска . . . . .	0,15
на одного рабочего . . . . .	8,8

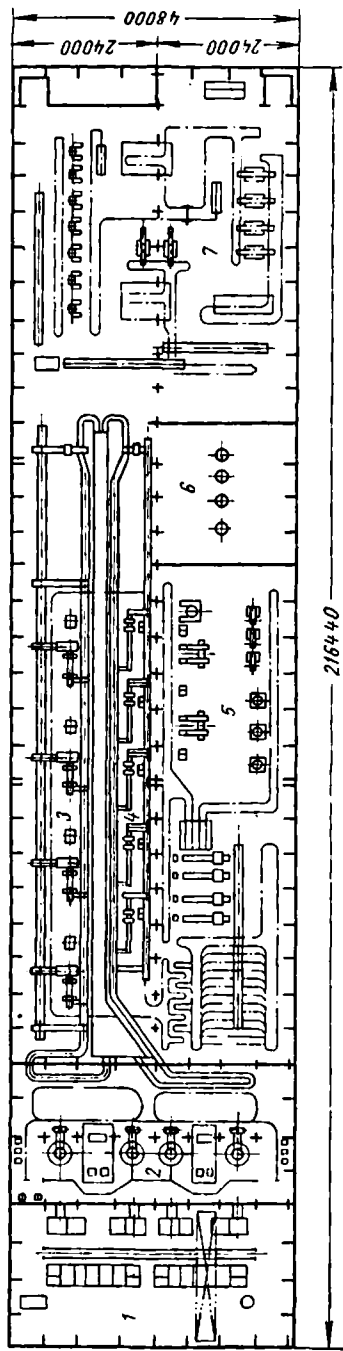
Для сравнения можно указать, что в чугунолитейном цехе средней мощности дизелестроительного завода Эйвери (Англия) съем отливок с 1 м<sup>2</sup> общей площади составляет 1,7 т/год, а выпуск на одного списочного рабочего равен 54 т [136].

Специализированный типовой чугунолитейный цех с мелкосерийным типом производства мощностью 80 000 т/год представляет собой блок из трех корпусов — цехов мелких отливок мощностью 25 000 т/год, средних 35 000 т/год и крупных 20 000 т/год [54]. Вес наибольших отливок в них соответственно 100 кг, 1000 кг и 20 т. Два первых корпуса двухэтажные, третий — одноэтажный с двухэтажным средним пролетом. Характерным для этих цехов является отсутствие в них складов шихтовых и формовочных материалов.

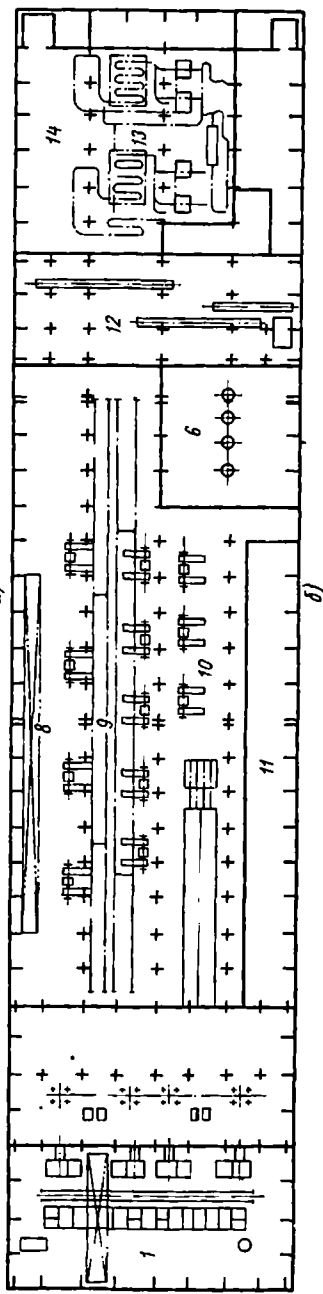
Такое решение, предусматривающее обязательное наличие базисных складов, типично для цехов, предназначаемых исключительно для литейных заводов. В описываемых цехах обрубные отделения примыкают к каждому из них. Рациональность этого определяется преимуществами блокирования зданий и возможностью самостоятельного использования каждого цеха независимо от других. Кроме того, масштаб производства в рассматриваемых цехах таков, что каждое из обрубных отделений может быть эффективно организовано без необходимости объединения его с обрубными отделениями прочих цехов.

Планировка цеха мелкого литья представлена на рис. 118.

Для изготовления мелких отливок развесом до 20 кг в опоках 500 × 400 мм предусмотрены автоматические формовочные линии АЛГ1А271, включающие в себя встряхивающие машины проходного типа, изготавливающие одновременно нижнюю и верхнюю полуформы (рис. 119). Линия работает следующим образом. С конвейера возврата пустых опок механизмом подачи опоки сталкиваются на наклонный рольганг, затем разъединяются и по кромочному рольгангу вытяжного механизма поступают на рабочую позицию. Дозатором выдается порция формовочной смеси, и формы уплотняются встряхиванием. После срезки излишков смеси происходят подпрессовка, протяжка опоки на вытяжном механизме и сталкивание попеременно готовой верхней и нижней полуформ на транспортирующее устройство, где происходит постановка стержней. Затем производится сборка форм в особом механизме и механизмом передачи формы сталкиваются на литейный конвейер.



a)



б)

Рис. 118. План типового чугунолитейного цеха мелкого литья на выпуск 25 000 т/год (Гипростанок):

а — второй этаж; б — первый этаж; 1 — отделение навески шихты; 2 — плавильное отделение; 3 — формовочное отделение для отливок весом 20—100 кг; 4 — формовочное отделение для отливок весом до 20 кг; 5 — стержневое отделение; 6 — смешивательное отделение; 7 — обрубно-очистное отделение; 8 — вентиляционные установки; 9 — участок подготовки модельной оснастки; 10 — участок подготовки стержневой оснастки; 11 — бытовые помещения; 12 — участок охлаждения отливок; 13 — отделение грунтовки; 14 — экспедиция;

Для изготовления форм большого размера в опоках  $800 \times 700$  мм предусмотрена автоматическая линия, на которой попеременно производится формовка верхней и нижней полуформ

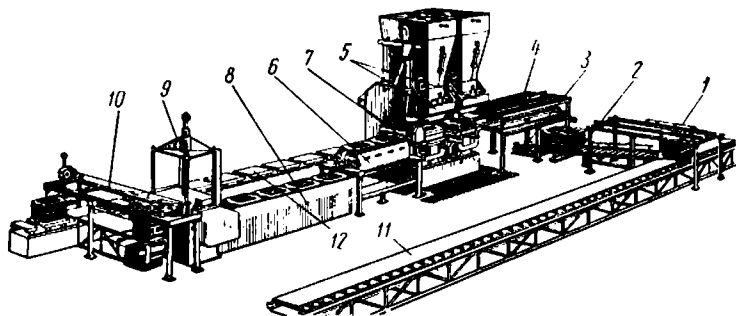


Рис. 119. Автоматическая формовочная линия для опок размером  $500 \times 400 \times 200$  мм:

1 — механизм подачи пустых опок; 2 — наклонный рольганг; 3 — механизм подъема опок; 4 — механизм передачи опок; 5 — формовочный автомат 91A271; 6 — кантователь; 7 — механизм среза излишков формовочной смеси; 8 — транспортер полуформ; 9 — механизм сборки форм; 10 — механизм перестановки собранных форм на литейный конвейер; 11 — транспортер подачи пустых опок; 12 — заливочный литейный конвейер

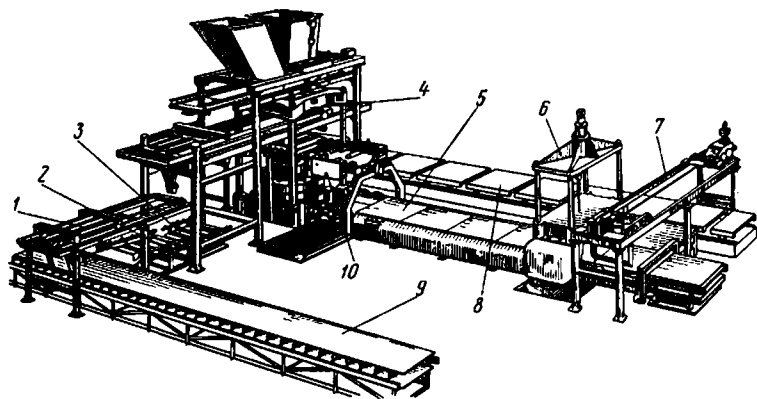


Рис. 120. Автоматическая линия для опок размером  $800 \times 700 \times 300$  мм:

1 — механизм подачи пустых опок; 2 — наклонный рольганг накопитель; 3 — стол подъема пустых опок; 4 — формовочный автомат 91265С; 5 — транспортер полуформ; 6 — механизм сборки форм; 7 — механизм подачи форм на литейный конвейер; 8 — литейный конвейер; 9 — транспортер подачи пустых опок; 10 — кантовально протяжное устройство

(рис. 120). Подача модельных плит к линиям производится снизу, с первого этажа, специальным подъемником, в который закладывается оснастка согласно сменному плану формовки. Формы упрочнению не подвергаются. Стержни подаются подвесным конвейером. Для сушки стержней предусматриваются конвейерные

печи, располагаемые на первом этаже. Формы переставляются на заливочные конвейеры в собранном виде.

Разливка ведется через поворотные копыльники. Выбивка автоматическая. Охлаждение отливок осуществляется на пластинчатых конвейерах, проходящих по первому этажу.

Мелкие отливки проходят последовательно через галтовочный и дробеметный барабаны. Отливки весом свыше 25 кг очищаются от стержней в гидрокамере проходного типа и после обрубки проходят дробеметную камеру непрерывного действия.

Отливки, не имеющие стержней, поступают непосредственно в дробеметную камеру. Литники и бракованные отливки подаются пластинчатым конвейером по первому этажу в шихтовальное отделение, подвергаясь обработке в очистном барабане непрерывного действия. Все отливки проходят операцию грунтовки, после чего передаются в экспедицию.

Типовой чугунолитейный цех мелкосерийного производства средних отливок представлен на рис. 121.

На втором этаже (рис. 121, а) размещены в основном производственные помещения: отделения — шихтовальное 1, плавильное 2, формовочное для отливок весом 500—1000 кг 3, стержневое 5, формовочное для отливок весом до 500 кг 4, смесеприготовительное 6, обрубно-очистное для больших отливок 7, обрубно-очистное для меньших отливок 8.

На первом этаже (рис. 121, б) расположены бытовые помещения 9, отделения — подготовки модельных плит для больших отливок 10, подготовки стержневых ящиков 12, подготовки модельных плит для меньших отливок 11, грунтовки больших отливок 13, грунтовки меньших отливок 14; здесь же размещены участок охлаждения отливок 15, вентиляционные установки 16, экспедиция 17.

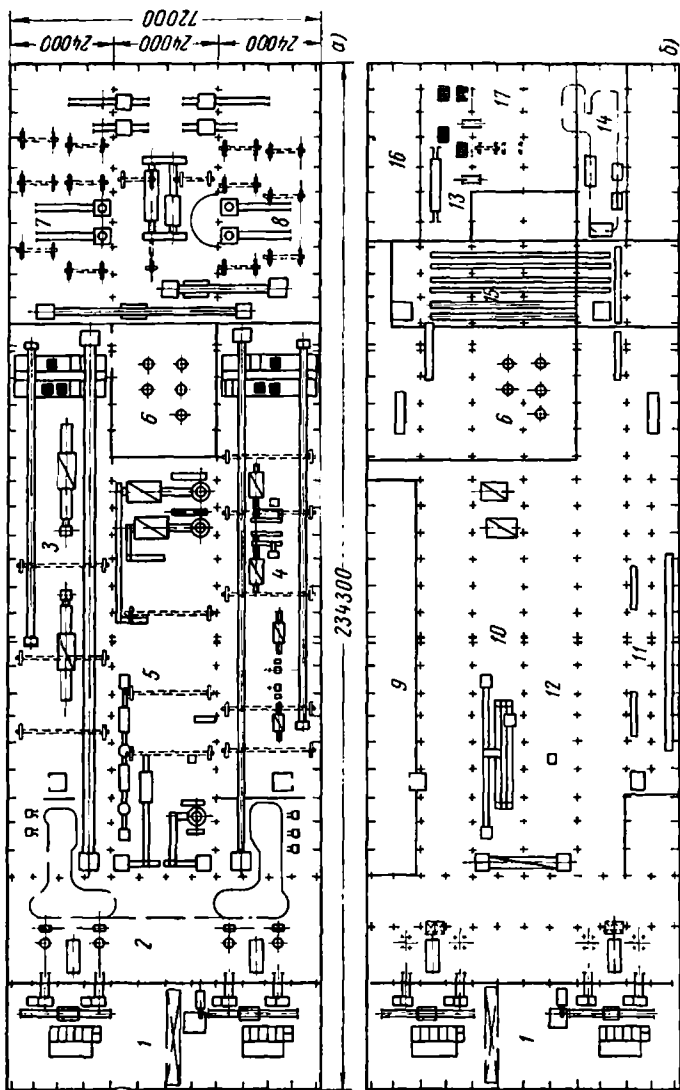
Технологический процесс в цехе средних отливок предусматривает поверхностное упрочнение всех форм.

В общих поточных линиях для отливок весом до 500 и 500—1000 кг используются пульсирующие вертикально-замкнутые тележечные конвейеры.

Размер опоки на первой линии  $1,5 \times 1$  м и на второй  $2 \times 1,6$  м. Изготовление меньших форм запроектировано на шестипозиционных полуавтоматических линиях «скользящей оснастки», где осуществляются одновременно все операции формовки. Модельная плита поступает на первую позицию, где по мерной рамке производится насыпание облицовочной смеси и ее уплотнение; на второй позиции на модельную плиту устанавливается опока и разного рода крючки. На третьей позиции, куда плита с опокой подается штанговым конвейером, производится засыпка наполнительной смеси и встряхивание, на четвертой позиции — подпрессовка, на пятой — поворот и удаление модельной плиты, после чего полуформа направляется на последнюю отделочную позицию.

Рис. 121. План типового чугунолитейного цеха среднего литья на выпуск 35 000 т/год (Гипростанок):

а — второй этаж;  
 б — первый этаж;  
 1 — отделение навески шихты; 2 — плавильное отделение; 3 — формовочное отделение для отливок весом 500—1000 кг; 4 — формовочное отделение для отливок весом до 500 кг; 5 — стержневое отделение; 6 — смешительное отделение; 7 — участок обрубки и очистки отливок весом 500—1000 кг; 8 — участок обрубки и очистки отливок весом до 500 кг; 9 — бытовые помещения; 10 — участок подготовки чотельной оснастки для больших отливок; 11 — участок подготовки модельной оснастки для меньших отливок; 12 — участок подготовки стержневой оснастки; 13 — участок грунтовки отливок весом 20—500 кг; 14 — вентиляционные установки; 15 — участок охлаждения отливок; 16 — вентиляционные установки; 17 — экспедиция



а — второй этаж; б — первый этаж; 1 — отделение навески шихты; 2 — плавильное отделение; 3 — формовочное отделение для отливок весом 500—1000 кг; 4 — формовочное отделение для отливок весом до 500 кг; 5 — стержневое отделение; 6 — смешительное отделение; 7 — участок обрубки и очистки отливок весом 500—1000 кг; 8 — участок обрубки и очистки отливок весом до 500 кг; 9 — бытовые помещения; 10 — участок подготовки чотельной оснастки для больших отливок; 11 — участок подготовки модельной оснастки для меньших отливок; 12 — участок подготовки стержневой оснастки; 13 — участок грунтовки отливок весом 20—500 кг; 14 — вентиляционные установки; 15 — участок охлаждения отливок; 16 — вентиляционные установки; 17 — экспедиция



Для изготовления форм серийных отливок служат машины 846.

Для изготовления больших форм установлены две машины 235, с тем чтобы единичные отливки, так же как отливки, требующие несколько больших размеров форм, изготовлялись в цехе крупного литья на линии скользящей оснастки, оборудованной пескометом.

Модельные плиты подаются из первого этажа и опускаются после использования обратно.

Изготовление стержней ведется из обычных и жидких самотвердеющих смесей [64]. Комплектовка стержней выполняется на втором этаже. На первом этаже расположены сушильные печи и склады оснастки.

Сборка форм производится в цехе средних отливок на пульсирующих конвейерах-спутниках с помощью кран-балок и кранов. Для жидкого модифицирования и легирования рядом с вагранками установлены индукционные электроплавильные печи.

Залитые формы охлаждаются на первом этаже. Для меньших отливок предусмотрены две линии остывания с разными режимами, расположенные одна над другой. Для отливок весом 0,5—1 т время остывания в форме принято 8—16 ч.

Выбивка форм осуществляется на автоматических установках, приспособленных для опок с крестовинами. Отливки поступают на тележки охлаждающего конвейера с несколькими ветвями охлаждения, проходящими по первому этажу поперек здания. Остывшие отливки поднимаются на тележке конвейера на второй этаж, где происходит удаление стержней и промывка отливок в гидрокамерах и обрубка; затем отливки подвергаются дробебетной очистке, зачистке наждаками и спускаются лифтом в отделение грунтовки, откуда передаются в эксплуатацию.

На рис. 122 изображена планировка цеха крупных отливок.

Отливки весом 1—2 т формируются пескометом на горизонтально-замкнутой линии скользящей оснастки с кантователем. Модельные плиты подаются со склада, расположенного на первом этаже, под стержневым отделением. На линии изготавливаются как нижние, так и верхние полуформы. После подсушки и частичной сборки формы устанавливаются на пульсирующий тележечный горизонтально-замкнутый конвейер, где происходит окончание сборки и заливка.

Охлаждающая ветвь конвейера проходит в галерее и рассчитана на остывание отливок в форме в течение 24 ч. Выбитые отливки поступают на специальный охлаждающий конвейер пульсирующего типа.

Изготовление форм для отливок весом более 2 т предусмотрено с помощью консольных пескометов в опоках, на плацу и в кессонах. Для сушки предусмотрены камерные сушилки. Режим ступенчатый. Залитые формы подаются в выбивное отделение в камеру предварительного остывания.

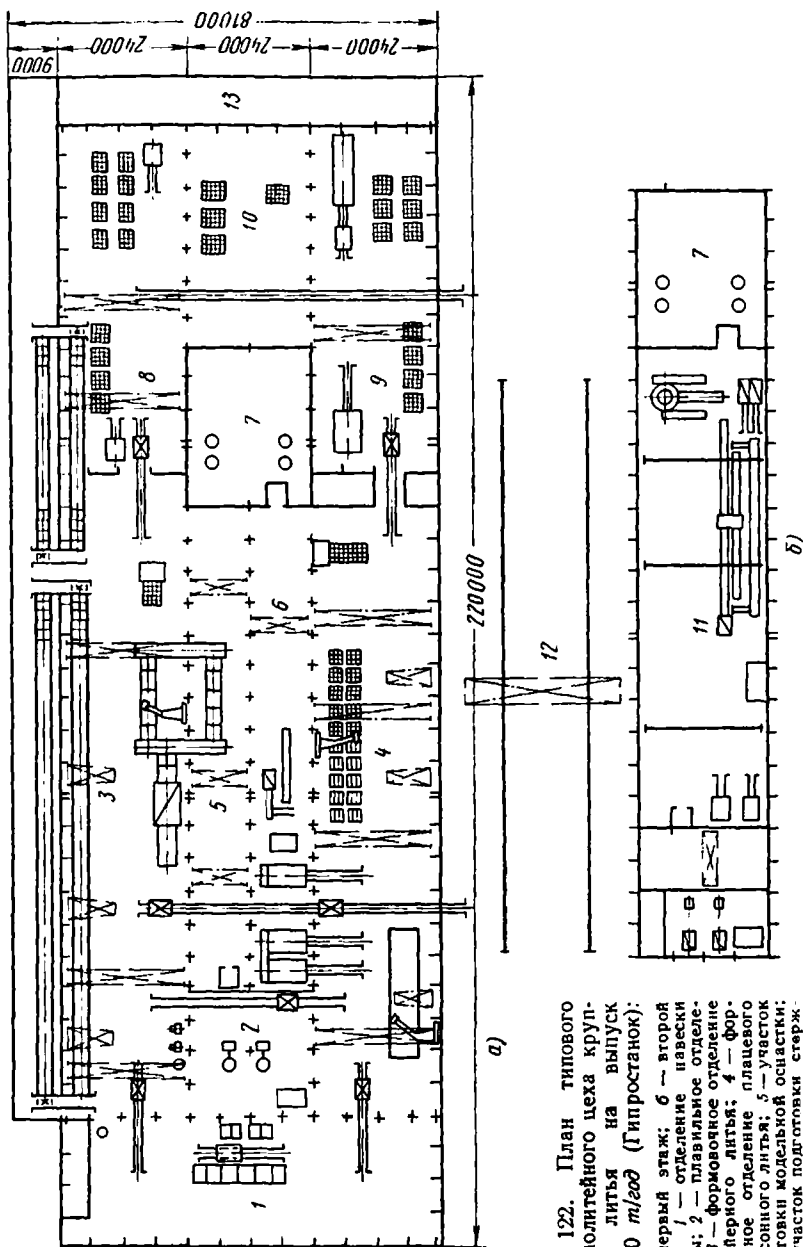


Рис. 122. План типового чугунолитейного цеха крупного литья на выпуск 25 000 т/год (Гипростанок):

а — первая этаж; б — второй этаж; 1 — отделение навески шихты; 2 — плавильное отделение; 3 — формовочное отделение ковшевого литья; 4 — формовочное отделение плашевого и кессонного литья; 5 — участок подготовки модельной оснастки; 6 — участок подготовки стержней; 7 — смесерный отдел; 8 — отделение для ковшевого литья; 9 — обрубно-очистное отделение для плашевого и кессонного литья; 10 — отделение грунтовок; 11 — стержневое отделение; 12 — эстакада для опок и литья с козловым краном; 13 — бытовые помещения

Все отливки проходят очистку в гидрокамерах и после завершения процесса очистки грунтуются и передаются на склад.

Стержни изготавливаются и комплектуются на втором этаже с помощью пескометов и пескодувных машин, встроенных в линии скользящей оснастки, а также из жидких самотвердеющих смесей.

У вагранок предусмотрены участки для заливки каркасов и (как и в цехе средних отливок) установка индукционных электроплавильных печей для легирования и модификации.

В табл. 78 приведены основные данные и технико-экономические показатели описанного выше блока цехов. Для сравнения с приведенными проектными показателями в табл. 79 приведен ряд технико-экономических данных действующих специализированных цехов.

Приведенный блок чугунолитейных цехов построен по рассмотренному в гл. IV и V принципу законченных специализиро-

Таблица 78

Основные данные и технико-экономические показатели по типовому блоку мелкосерийных чугунолитейных цехов на 80 000 т/год

Основные данные и технико-экономические показатели	Цели			Всего по блоку
	мелких отливок	средних отливок	крупных отливок	
Годовой выпуск отливок в т . . . . .	25 000	35 000	20 000	80 000
Площадь застройки в м <sup>2</sup> . . . . .	10 670	17 179	15 991	43 840
Сравнимая площадь с учетом этажности в м <sup>2</sup> . . . . .	13 920	20 536	17 176	51 632
В том числе:				
производственная . . . . .	9900	15 792	13 042	38 734
складская . . . . .	2230	2440	1578	6250
Количество работающих . . . . .	452	512	425	1389
В том числе рабочих . . . . .	392	439	373	1204
Установленная мощность оборудования в квт . . . . .	4109	7468	6874	18 451
В том числе:				
технологического . . . . .	1976	3050	2199	7224
транспортного . . . . .	806	2090	2114	5010
вентиляционного . . . . .	921	1500	1145	3566
Съем отливок с 1 м <sup>2</sup> сравнимой площади в год . . . . .	1,8	1,7	1,2	1,6
Выпуск отливок на одного работающего в т/год . . . . .	55	68	50	57,1
То же на одного рабочего . . . . .	63,5	79,7	53,4	67,0
Установленная мощность на 1 т отливок в квт . . . . .	0,16	0,21	0,34	0,23
В том числе:				
технологического и транспортного оборудования . . . . .	0,08	0,09	0,11	0,09
вентиляционного оборудования . . . . .	0,04	0,04	0,05	0,04
Энерговооруженность на одного рабочего в квт . . . . .	10,5	17,0	18,4	15,3

## Технико-экономические показатели действующих чугунолитейных цехов

Показатели	Чугунолитейный завод Станколит (Москва)			Завод им. Свердлова (Ленинград)
	Цех крупного литья	Цех среднего литья	Цех мелкого литья	
Годовой выпуск отливок в <i>т</i> . . . . .	9000	44 000	17 000	28 000
Вес отливок в <i>кг</i> . . . . .	500—5000	20—1400	До 80	10—60 000
Съем в год с 1 <i>м</i> <sup>2</sup> общей площади в <i>т</i> . . . . .	1,8	1,8	1,2	1,2
Выпуск на одного работающего в <i>т/год</i> . . . . .	27,0	41,0	40,0	35,0

ванных потоков, по каждой группе технологически схожих отливок самостоятельно. О преимуществах, достигаемых при таком проектном решении, можно судить, сопоставив описанный блок цехов с другим вариантом планировочного решения мелкосерийного чугунолитейного цеха на 80 000 *т*, в основу которого положено проектирование по признаку законченных технологических комплексов на всю программу. Планировка такого цеха с отдельным обрубным корпусом представлена на рис. 123.

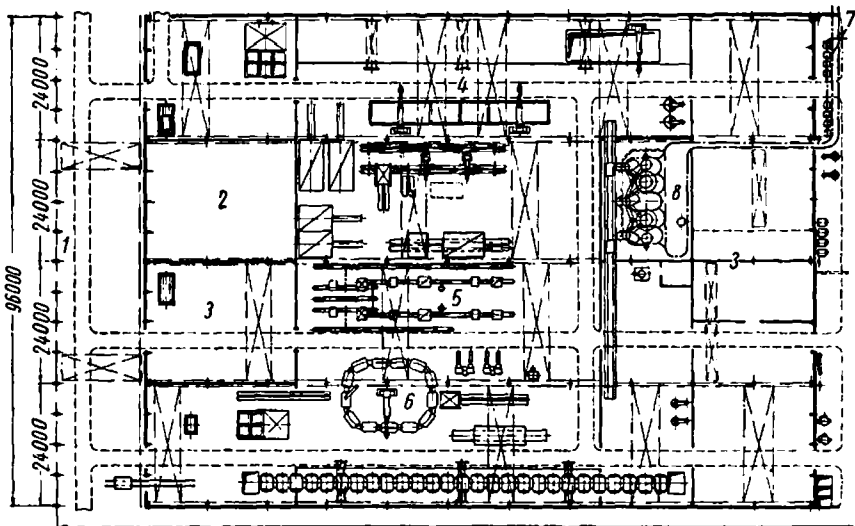


Рис. 123. План второго варианта чугунолитейного цеха мелкосе

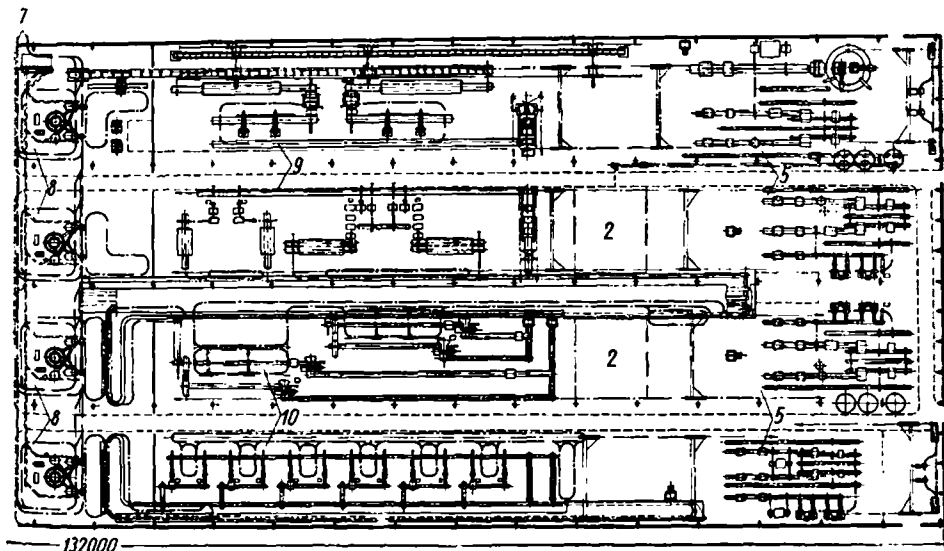
В цехе расположены эстакада для опок 1, отделения — смесе-приготовительное 2, подготовки производства (тут же размещен склад оснастки) 3, пескометной формовки 4, изготовления стержней (соответствующие формовочным потокам) 5, формовочно-заливочно-выбивное для крупных отливок 6, для средних отливок 9, для мелких отливок 10. Кроме того, в плане предусмотрены конвейеры для подачи шихты со склада 7 к вагранкам 8.

Основные планировочные показатели по второму варианту (с включением отделений обрубки, очистки и грунтовки) приведены в табл. 80.

Рассмотренные выше проектные решения мелкосерийных литейных цехов относились к чугунолитейному производству. На рис. 124 и 125 приведены схемы двух вариантов планировки типового фасонносталелитейного цеха на годовую выпуск 30 000—35 000 *t* при весе наибольшей отливки 5 *t*. Первый вариант рассчитан на применение на литейных заводах, поэтому в нем отсутствуют склады шихтовых и формовочных материалов, второй вариант со складами формовочных материалов предназначен для строительства цеха на машиностроительном заводе.

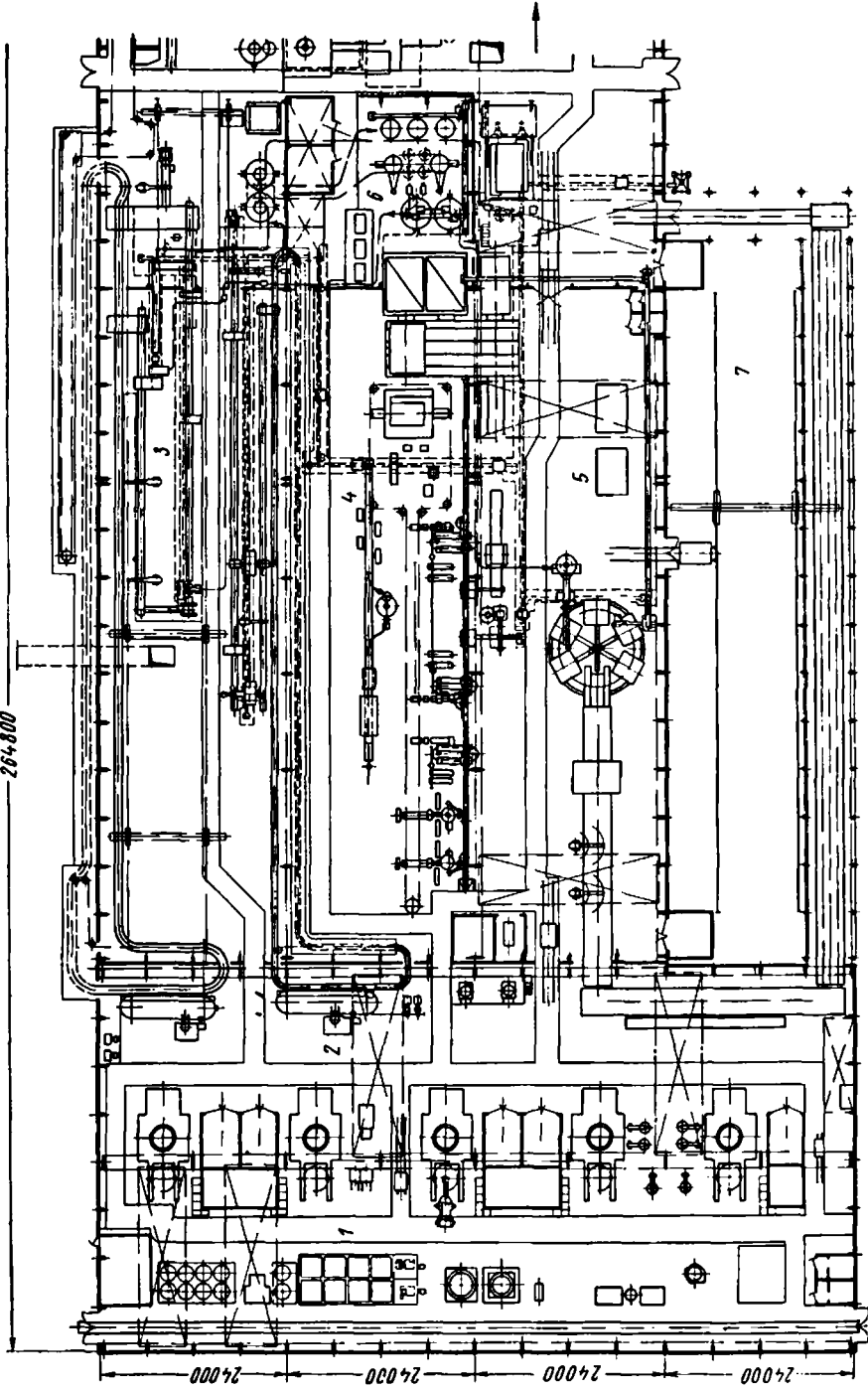
Здания цехов в обоих случаях трехпролетные, причем крайние пролеты одноэтажные, а средний двухэтажный.

В планах цехов, показанных на рис. 124 и 125, предусмотрены отделения: шихтарное 1, плавильное и заливочное 2, изготовления мелких отливок 3, стержней 4, крупных отливок (линия



рийного производства мощностью 80 000 *t/год* (Гипрохиммаш)

264800



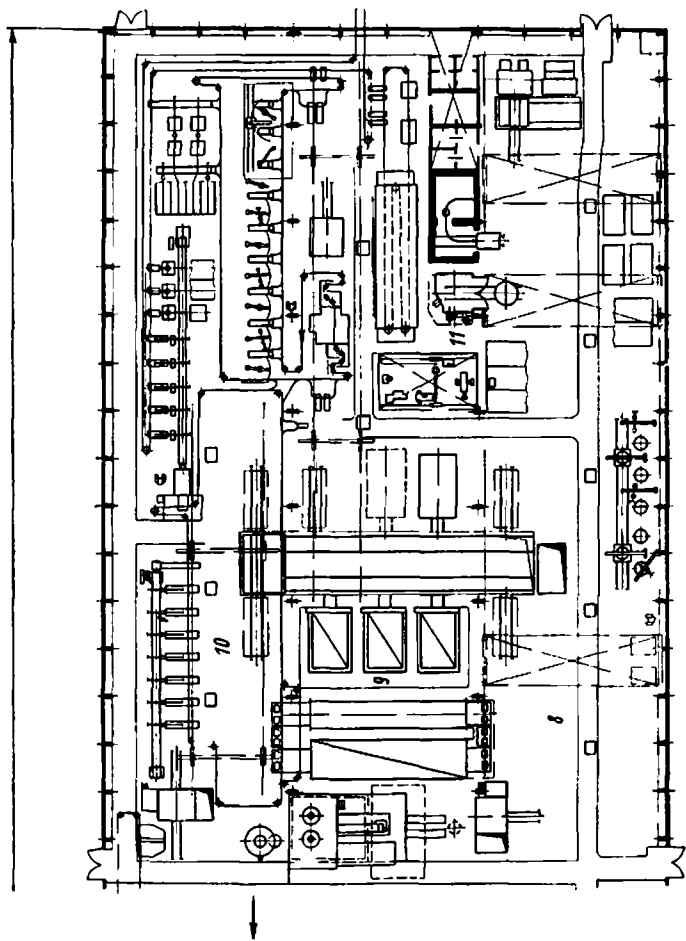


Рис. 124. План типового фасоносталелитейного цеха мелкосерийного производства на выпуск 30 000—35 000 т/год отливок весом до 5 т (Гипрогтяжмаш)

## Планировочные показатели второго варианта чугунолитейного цеха на 80 000 т/год

Показатели	Отливки			Всего
	Мелкие	Средние	Крупные	
Выпуск в тыс. т . . .	25	35	20	75
Общая площадь (без бытовых помещений) в м <sup>2</sup> . . . . .	20 740	25 330	22 760	69 990
Съем с 1 м <sup>2</sup> общей площади в т/год . . . . .	1,2	1,4	0,9	1,1

скользящей оснастки и участок сборки в жакетах) 5, выбивное и смесеприготовительное 6, склад опок 7, участок очистки крупных отливок 8, термические печи 9, участок очистки мелких

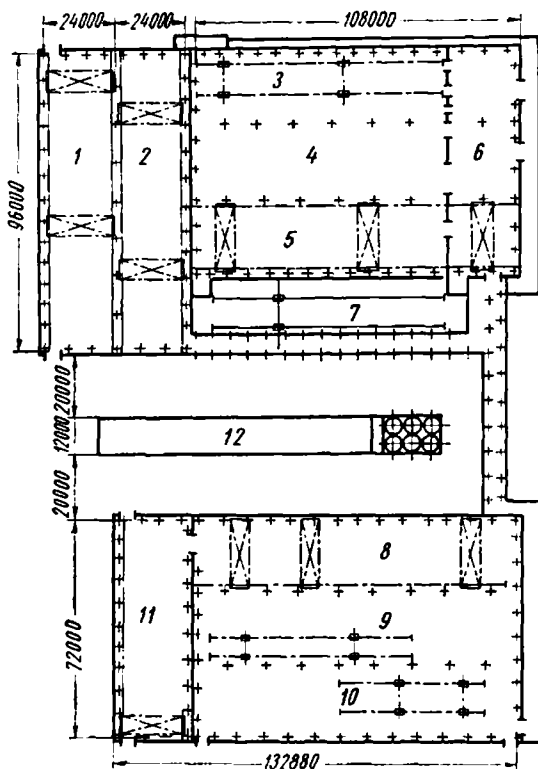


Рис. 125. Схема варианта фасонносталелитейного цеха мелкосерийного производства мощностью 30 000—35 000 т/год для машиностроительных заводов (Гипротяжмаш)



и средних отливок 10, грунтовочное отделение 11. В плане, приведенном на рис. 125, в торце бытовых помещений 12 размещены бункера с сухим песком; под стержневым отделением на первом этаже расположены промежуточный склад оснастки и склад стержней.

Общая площадь цеха 20 200 м<sup>2</sup>. Число работающих 640, в том числе рабочих 550. Съем с 1 м<sup>2</sup> общей площади 1,5 т/год. Выпуск на одного работающего 50 т/год.

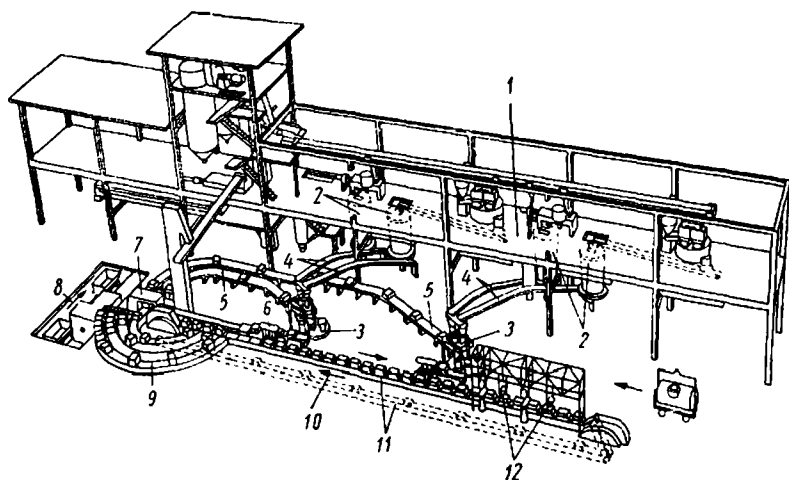


Рис. 126. Схема автоматической линии для производства разносерийных отливок:

1 — линия подачи металла; 2 — бункера-отстойники; 3 — два трехпозиционных формовочных автомата; 4 — смесеприготовительное отделение; 5 — транспортеры для возврата выбитых оков; 6 — пульта управления автоматами; 7 — автоматическая выбивная решетка; 8 — линия удаления отливок; 9 — рольганговые линии для дифференцированного охлаждения форм; 10 — линия подачи стержней; 11 — вертикально-замкнутый литейный конвейер; 12 — устройство для автоматической заливки форм

В качестве наиболее современного зарубежного проектного решения комплексно механизированного производства отливок, находящихся по своей номенклатуре и серийности между крупно- и мелкосерийными направлениями специализации, может быть приведена автоматизированная линия завода Фишер (Швейцария). Линия предназначена для годового выпуска 36 000 т мелких отливок (весом до 30 кг) из ковкого чугуна начиная с партий по 100—200 шт. [44]. Пространственная схема линии приведена на рис. 126. Размер опок 550×675×150/300 мм; модельные плиты быстросменные. Производительность линии 150—300 форм в смену; на смену модели затрачивается 1 мин. Время охлаждения форм в зависимости от их металлоемкости 6—25 мин.

Общая площадь, занимаемая описанными устройствами и оборудованием, составляет  $16 \times 62$  (в первом этаже) и  $6 \times 62$  м (в подвальном помещении).

## 5. СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЕ ЛИТЕЙНЫЕ ЦЕХИ С ЕДИНИЧНЫМ ХАРАКТЕРОМ ПРОИЗВОДСТВА

При специализации производства единичных крупных отливок в большинстве случаев принципы технологического процесса сохраняются практически неизменными. Однако достигаемое при специализации сосредоточение однородной продукции позволяет более эффективно использовать площади, дорогостоящее транспортное и технологическое оборудование.

На рис. 127 показан план цеха фасонного стального литья для завода тяжелого машиностроения, рассчитанный на выпуск 80 000 *t* отливок. Цех состоит из четырех корпусов: плавильного 3, крупных отливок 4, мелких отливок 1, термообрубного 6. Корпуса соединены крытой эстакадой 5; 2 — бытовые помещения.

Планировка плавильного корпуса видна на рис. 128. В плавильном корпусе предусмотрены склад шихты 1, участок навески шихты 2, участок изготовления слитков 3, электроплавильные печи 4, закрома сухого песка 5, регенерационная установка 6, склад формовочных материалов 7. Сталь плавится в восьми 20-тонных дуговых печах, которые установлены на площадках в двух крайних пролетах. Средний пролет используется для механизированной загрузки печей с помощью корзин. Жидкий металл перевозится в литейные корпуса на электрифицированных тележках. В верхнем торце корпуса склад шихты и скрапоразделочное отделение, в нижнем — склад формовочных материалов.

Корпус крупных отливок трехпролетный (рис. 129). В крайних пролетах, где установлены мостовые краны грузоподъемностью по 100 *t*, на участке 4 производятся формовка пескометная в кессонах, на участке 6 — машинная. В среднем пролете размещено стержневое отделение 5. В верхнем торце размещена батарея сушил с трансферкарой 1, в нижнем — смесеприготовительное отделение 7. Транспорт для перемещения формовочных и стержневых смесей запроектирован пневматический. Кессоны обслуживаются порталным краном 3; 2 — передвижной поворотный питатель.

Основные данные и технико-экономические показатели указанного цеха приведены в табл. 81.

На рис. 130 показан план чугунолитейного цеха мощностью 30 000 *t/год*, станкостроительного завода Буллард (США) для производства отливок весом до 50 *t* [208].

Дневная выплавка чугуна 125 *t* с резервом 60 *t*. Цех размещен в корпусе площадью  $183 \times 73$  м, к которому примыкает здание вспомогательных помещений и склада моделей ( $60 \times 36$  м). Общая площадь цеха 20 000 м<sup>2</sup>.

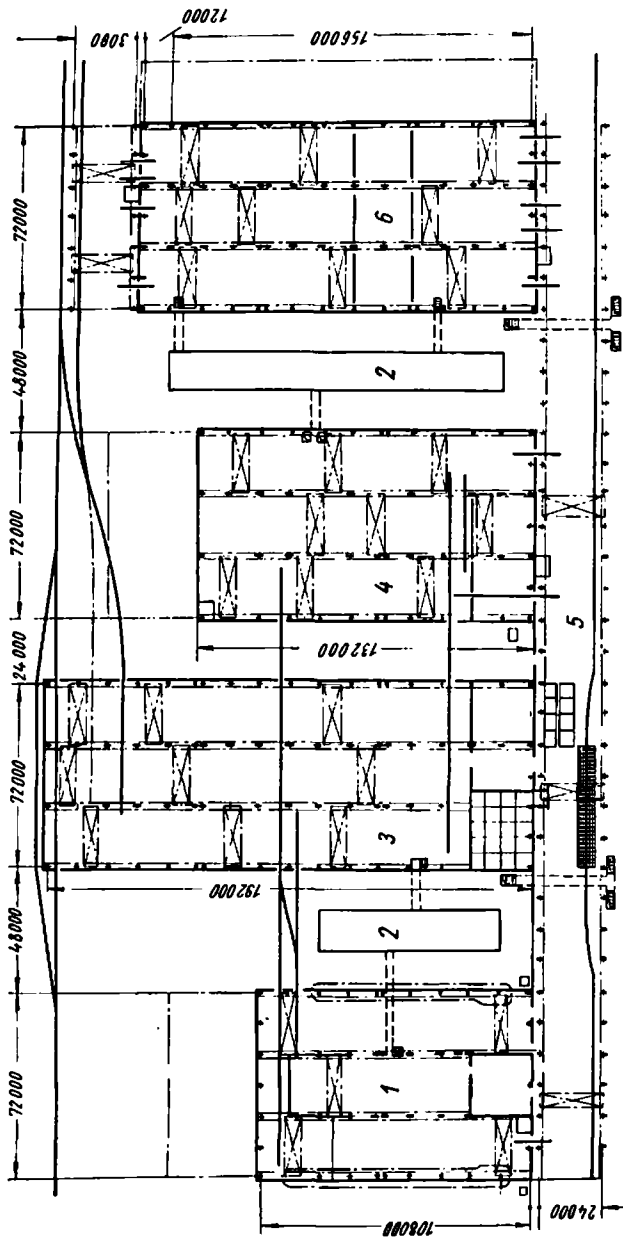


Рис. 127. Компонка цеха фасонного стального литья для тяжелого машиностроения на 80 000 т./год (Гипротязмаш)

Планом цеха предусмотрены склад шихтовых и формовочных материалов 1, отделения — плавильное 2, смесеприготовительное 3, изготовления мелких стержней 4, формовки и заливки мелких и средних отливок 5, обрубно-очистное для мелких и средних от-

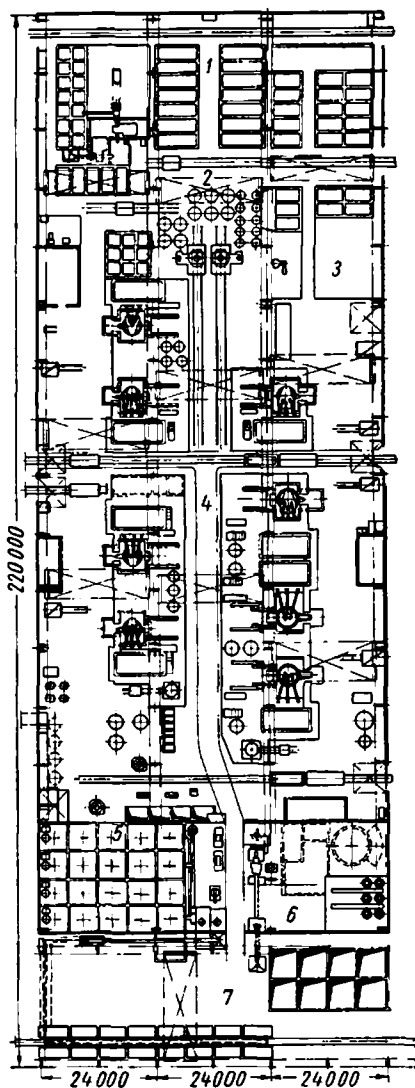


Рис. 128. План плавильного корпуса (см. рис. 127)

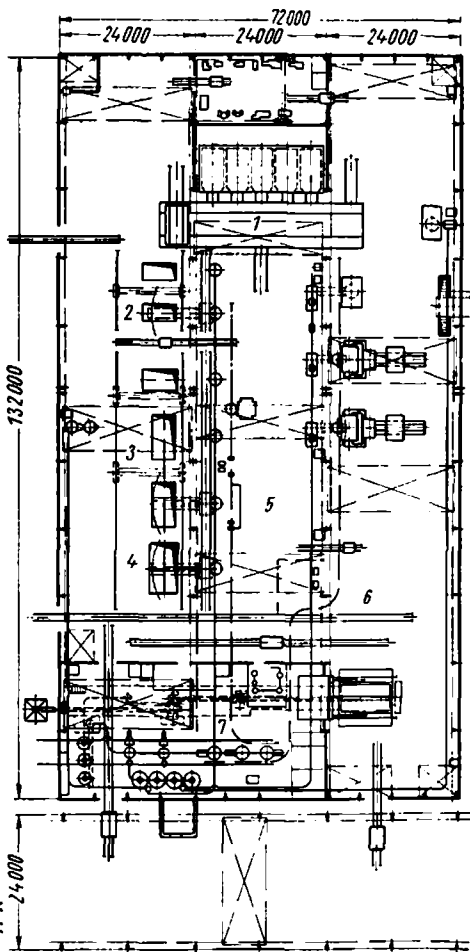


Рис. 129. План корпуса крупного литья (см. рис. 127)

ливок 6, обрубно-очистное для крупных отливок 7, вспомогательное 8; склад моделей 9, изготовления крупных форм 10, технической подготовки производства 11, изготовления крупных стержней 12.

Технико-экономические показатели фасоннолитейного цеха тяжелого машиностроения на 80 000 *t/год*

Показатели	Виды литья			Всего
	Фасонные отливки	Слитки	Дробильные шары	
Годовой выпуск в тыс. <i>t</i> . . . . .	60	11,5	9	80,5
Число работающих . . .	1086	41	23	1150
Общая площадь в $m^2$	35 530	1430	1020	37 980
Выпуск на одного работающего в <i>t/год</i> . .	63	385	355	70
Съем с 1 $m^2$ общей площади в <i>t/год</i> . . . .	1,7	28	40	2,1

Другим примером проектного решения специализированного цеха крупных отливок, отличающегося оригинальной технологией, является чугунолитейный цех завода Чемберсбург (США) [149]. В цехе отливают детали насосов, воздуходувок, ковочных

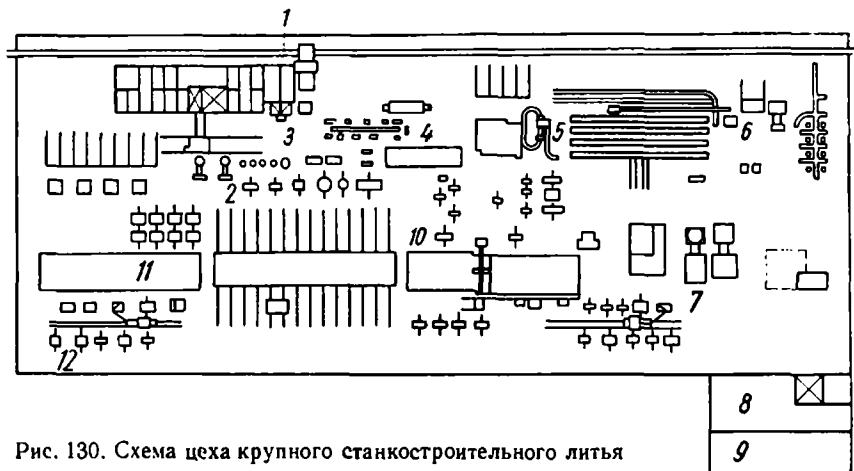


Рис. 130. Схема цеха крупного станкостроительного литья

прессов, молотов. При сравнительно небольшом выпуске — 6000 *t/год* — номенклатура отливок превышает 7000 наименований. Вес отливок достигает 70 *t*, причем 80% выпуска приходится на отливки весом более 5 *t*. Все отливки, как правило, изготавливаются в песчано-цементных формах. Большую часть стержней также делают из песчано-цементных смесей и сушат на воздухе. Наиболее крупные единичные стержни изготавливают без стержневых ящиков — по литейной форме.

Площадь цеха 122,5×24,5 м<sup>2</sup>. В схеме, показанной на рис. 131, предусмотрены открытая эстакада для хранения металлической шихты и кокса 1, отделения — плавильное 2, формовочное для

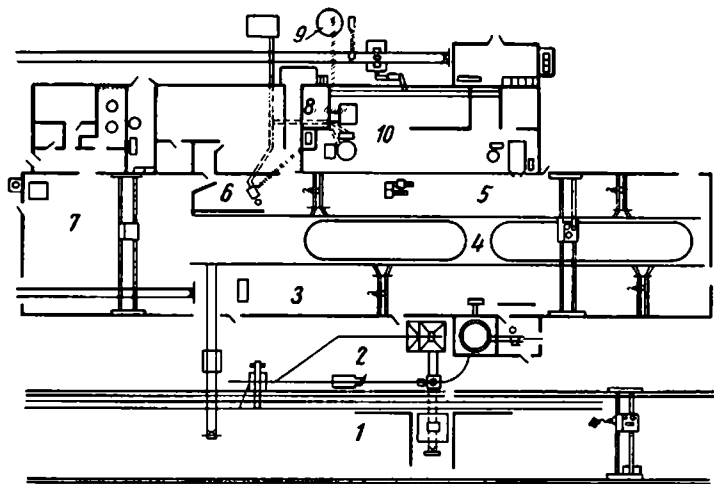


Рис. 131. Схема цеха тяжелого чугуна для кузнечно-прессовых машин

средних отливок 3, формовочное (с кессонами) для крупных отливок 4, стержневое 5, выбивное 6, обрубно-очистное 7, регенерационное 8, смесеприготовительное 10; 9 — установка для приемки и передачи цемента.

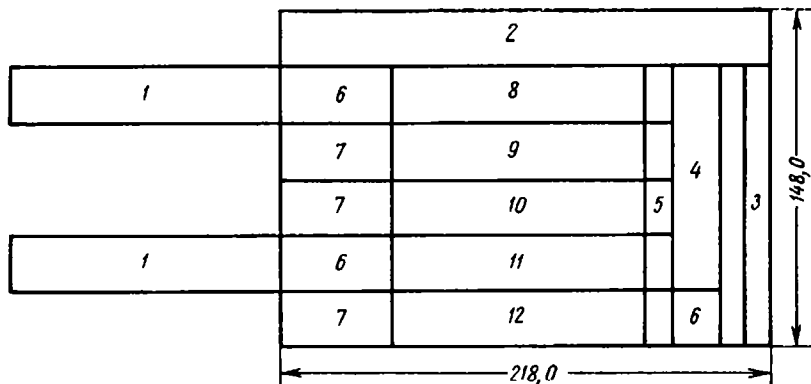


Рис. 132. Компоновка чугуна сталелитейного цеху крупного единичного и мелко-серийного литья фирмы Зульцер (Швейцария):

1 — склады исходных материалов, крытые эстакады; 2 — обрубка и термическая обработка стальных отливок; 3 — модельный цех; 4 — стержневое отделение; 5 — смесеприготовительное отделение; 6 — плавильные отделения; 7 — обрубные отделения; 8 — отделение мелкого стального литья; 9 — отделение тяжелого (до 120 т) стального и чугунного литья; 10 — отделение крупного чугуна; 11 — отделение среднего чугуна; 12 — отделение мелкого чугуна.

В качестве примера современного технологического решения литейного цеха единичного и мелкосерийного производства, хотя и не могущего служить образцом планировочного решения, можно также упомянуть чугуно-сталелитейный цех фирмы Зульцер (Швейцария) (рис. 132) [157].

Подводя итог рассмотрению проектных решений литейных цехов разного назначения, можно отметить, что сопоставление и сравнение показателей проектов разных цехов подтверждает резкое возрастание степени эффективности литейного производства по мере осуществления специализации изготовления отливок.

---

## ПРОЕКТИРОВАНИЕ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ ЛИТЕЙНЫХ ЗАВОДОВ

### 1. НАПРАВЛЕНИЯ СПЕЦИАЛИЗАЦИИ ЛИТЕЙНЫХ ЗАВОДОВ

Вопрос о создании обособленных литейных заводов ставился давно. Уже в начале 30-х годов были построены первые литейные заводы в Москве, Ленинграде и Тбилиси. Однако в последующие годы строительство таких заводов было прекращено. Анализируя возможные причины этого, следует указать, что литейные заводы были построены как литейные цехи с типичным для того времени уровнем техники, с преимущественным применением ручного труда, с технологией, ничем в принципе не отличающейся от применяемой в мелких цехах.

Противоречия между способами осуществляемых на заводах технологических процессов и объемов производства приводили к возникновению эксплуатационных недостатков, усложненным грузопотокам и, как следствие, к высокому браку и низкой производительности труда. Некоторыми специалистами это ошибочно воспринималось как случайные неполадки, связанные с ошибками, допущенными при пуске заводов, структурой их управления и т. п.

Кроме того, эффективность построенных литейных заводов с мелкосерийным характером производства ограничивалась малой концентрацией потребителей отливок, что вызывало неоправданно большие перевозки. Например, чугунолитейный завод «Станколит» (Москва) снабжал литыми заготовками Горьковский завод фрезерных станков. Первые крупные мелкосерийные цехи (заводы) создавались с уровнем техники, мало отличавшимся от мелких литейных цехов, почему и оказывались иногда даже менее эффективными, в том числе и по себестоимости отливок. Между тем именно разница в себестоимости способна оправдать транспортные затраты и концентрацию заготовительных производств. В течение некоторого времени практика проектирования крупных мелкосерийных цехов и заводов считалась порочной.

Иногда в качестве одного из доводов в пользу обособления литейного производства приводился факт, что производство от-



ливок по сравнению с другими способами обработки металлов представляет собой относительно менее сложное производство и потому требования, предъявляемые к техническим свойствам и качеству отливок, могут быть удовлетворены без значительных затруднений при выделении литейных цехов из машиностроительных заводов. Между тем именно сложность процесса получения отливок, к которым предъявляются все большие требования, обуславливает необходимость специализации литейного производства.

Низкие технико-экономические показатели работы центролитов, имевшие место в течение значительного периода, а также многочисленные недостатки в практике кооперирования снижали значение специализации литейного производства.

Понадобились годы напряженного труда заводских коллективов и исследования, создающие теоретические основы внедрения в производство мелкосерийного многономенклатурного литья наиболее прогрессивного поточного способа производства, чтобы такие литейные заводы, как чугунолитейный Станколит вышли в число передовых предприятий страны [58].

Анализ достижений литейных заводов с учетом общего укрепления специализации всего народного хозяйства позволяет признать правильным развитие литейных мощностей преимущественно за счет создания специализированных литейных заводов.

Достигнутые к настоящему времени объемы производства, масштабы дальнейшего развития народного хозяйства, укрепление принципов специализации его отраслей и прежде всего разработанная применительно к большим масштабам мелкосерийного литья технология поточного производства с присущей ему эффективностью теперь создают все условия для развития литейного производства на базе крупных специализированных предприятий. Поэтому в последующие годы по генеральной перспективе решение задачи увеличения выпуска отливок за счет нового строительства намечается в большей степени путем создания обособленных централизованных литейных заводов.

Специализация литейных заводов имеет два отличных резко выраженных профиля.

Первый — отраслевой; это заводы такого назначения, как например Станколит, Насосокомпрессоролит, Автотракторолит. Заводы этого профиля специализации характерны для случаев достаточной потребности в экономическом районе (или при наличии рациональных кооперированных поставок) в отливках соответственной отрасли.

Типичным примером литейного завода с отраслевым профилем специализации является описанный ниже литейный завод автомобильных частей.

Второй профиль специализации — технологический. Литейные заводы этого профиля, так называемые «центролиты», предназна-

чены для обеспечения заготовками широкого круга машиностроительных предприятий, изготовляющих металло- и деревообрабатывающие станки, кузнечные и литейные машины, компрессоры, насосы, электродвигатели и пр., в данном экономическом районе.

Литейные заводы, строящиеся в настоящее время, имеют преимущественно второй профиль и носят межотраслевой характер, хотя осуществляется строительство и ряда заводов первого профиля. В последующие годы литейные заводы будут создаваться в значительной мере как отраслевые, чему особенно способствует отраслевая структура управления промышленностью.

Кроме того, предусматриваемое развитие отдельных специальных способов литья позволит перейти в дальнейшем с цехов на заводы, специализированные по способу литья (например, литье в оболочковые формы, литье под давлением и др.). Таким образом, в перспективе самостоятельные литейные заводы будут в определенной мере соответствовать классификации «ряда» типовых мощностей приведенного в табл. 66. Увеличение объема промышленности будет способствовать также расширенному созданию литейных заводов специальных видов литья.

Что касается специализации по роду сплава, то в обособленные предприятия будут выделяться в первую очередь предприятия по изготовлению отливок из цветных сплавов.

Учитывая наметившийся опережающий рост удельного производства отливок из легких сплавов, строительство цветнолитейных заводов составит в перспективе значительную долю общего строительства будущих лет.

## **2. ГРАНИЦЫ СРАВНИТЕЛЬНОЙ ЭКОНОМИЧНОСТИ ЛИТЕЙНЫХ ЗАВОДОВ**

Теоретическому обоснованию оптимальных размеров и структуры машиностроительных предприятий посвящено, к сожалению, крайне мало работ [49]. Для решения вопроса о целесообразности проектирования обособленных предприятий литейного производства важно определить границы сравнительной экономичности сооружения специализированных литейных цехов на машиностроительных заводах и на обособленных литейных заводах.

Сравнительную эффективность капитальных затрат при сооружении литейных заводов и литейных цехов машиностроительных заводов можно рассчитать методом определения внецеховых затрат.

При этом все затраты делятся на два вида: цеховые — на сооружение и оснащение непосредственно литейного цеха (корпуса) и внецеховые, связанные с появлением на заводе в связи с организацией литейного производства модельного и скрапоразделочного хозяйства, расширением транспортного, энергетического и

складского хозяйства, удлинением дорог, сетей, трубопроводов и т. д.

Анализ ряда проектов и смет позволил установить следующую динамику изменения обоих видов капитальных затрат на создание, например, чугунолитейного предприятия с мелкосерийным характером производства [101]:

Годовой выпуск цеха в тыс. т . . . . .	4	10	15	20	25	30	35	40	45	50
Капитальные затраты на 1 т отливок в руб:										
цеховые . . . . .	193	182	172	162	152	145	140	135	132	128
цеховые + внецеховые	425	387	345	320	300	280	263	248	238	232

На решение вопроса о том, где строить данный литейный цех (на машиностроительном заводе или литейном), цеховые затраты не оказывают влияния, так как стоимость цеха остается неизмен-

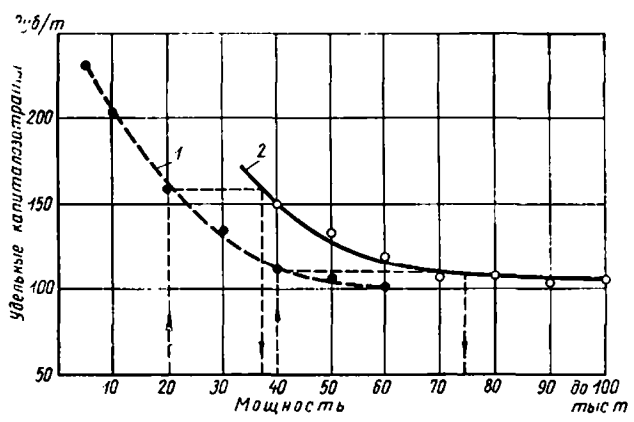


Рис. 133. Расчетный график сравнительной экономичности литейных заводов

ной, независимо от того, на каком заводе он сооружается. Однако внецеховые затраты могут существенно изменяться в зависимости от общего масштаба предприятий.

Раздельный анализ удельных внецеховых затрат на организацию мелкосерийного литейного производства на машиностроительных и литейных заводах позволил составить график, приведенный на рис. 133. Сопоставление представленных на рис. 133 кривых удельных внецеховых затрат на организацию литейного производства на машиностроительных 1 и специализированных литейных 2 заводах показывает, что:

1) удельные затраты на создание литейного производства в наименьшем рекомендуемом рядом типовых- мощностей объеме

порядка 20 000  $m^3/год$  на машиностроительном заводе мелкосерийного производства соответствуют удельным затратам на специализированном литейном заводе при мощности его около 37 000  $m^3$ ; таким образом, при наличии достаточной потребности в отливках организация литейного завода с объемом выпуска 40 000  $m^3/год$  экономичнее, чем создание двух литейных цехов мощностью по 20 000  $m^3$  на машиностроительных заводах;

2) удельные затраты на создание литейных цехов на машиностроительных предприятиях мощностью 40 000  $m^3/год$  соответствуют удельным затратам на специализированном литейном заводе при мощности его 75 000—80 000  $m^3$ .

Предложенная методика определения сравнительной экономичности создания обособленных литейных предприятий применима и в случае других направлений специализации. Результаты расчетов должны, естественно, дополняться учетом большей эффективности литейного производства, достигаемой при концентрации, а также учетом создаваемых кооперированных связей.

Эта методика положена в основу разрабатываемых в настоящее время математических методов определения производственных мощностей литейных заводов и их рационального географического размещения [132].

Принцип комплексного типового проектирования, позволивший решить сложную проблему типизации литейных заводов, явился основой для экономико-математического моделирования в решении вопроса экономически целесообразного выбора мощности литейного завода. При этом, как уже указывалось, все производственные затраты подразделялись на цеховые, условно принявшиеся неизменными, независимо от мощности завода, и внецеховые, находящиеся в зависимости от объема выпуска.

При таких условиях зависимость отношения внецеховых затрат на единицу продукции, выражается функцией  $f(v)$  от мощности предприятия  $v$  (см. кривую на рис. 133). Здесь видно, что с увеличением масштаба производства, функция  $f(v)$  убывает, но одновременно увеличиваются транспортные расходы на кооперированные поставки.

И так как рост эффективности концентрации литейного производства может (как это уже указывалось выше), начиная с какого-то определенного масштаба производства замедляться и даже понижаться, то при решении задачи определения оптимальной мощности литейного завода и его размещения необходимо, чтобы суммарные затраты, включающие внецеховые затраты и транспортные расходы по кооперированным поставкам, были возможно меньше.

Сформулировав эту задачу математически и используя методы линейного программирования, удастся решить ряд ее важнейших аспектов, необходимых для определения экономичности размещения литейных заводов.

### 3. ТИПИЗАЦИЯ ЛИТЕЙНЫХ ЗАВОДОВ

Большое практическое значение имеет доказанная возможность широкой типизации литейных заводов и соответственно осуществления их проектирования путем использования типовых проектов литейных цехов. Такая возможность была установлена впервые в 50-х годах при проектировании серни из семи станколито-тов, предназначавшихся для обеспечения заготовками кустов станкостроительных заводов и заводов кузнечно-прессового оборудования ряда экономических районов.

Последующее развитие специализации литейного производства внесло значительные изменения как в проектирование литейных заводов, так и в рекомендуемый масштаб их, который значительно возрос, и сделало тем более применимой широкую типизацию литейных заводов.

Анализ потребности в заготовках кустов указанных заводов данной отрасли, выполненный по изделиям-представителям, показал, что:

возможно ограничение веса наибольшей чугунной и стальной отливки 5 *t*; из семи заводов лишь на двух вес наибольшей отливки достигает 10 и 20 *t*;

возможна унификация весовой структуры отливок, несмотря на широкую номенклатуру станков и других машин, выпускаемых заводами (до 100 *кг* 25—35%, 100—1000 *кг* 40—60%, 1000—5000 *кг* 13—21%);

из семи литейных заводов лишь два имели в своей программе выпуск стальных отливок; в состав этих заводов вводились сварочные корпуса для изготовления сварнолитых конструкций;

потребность в чугунных отливках по каждому «станколиту» исчислялась 40 000 *t/год*, в стальных 15 000 *t*; производство сварных конструкций составляло 20 000 *t/год*.

На основании полученных выводов оказалось возможным спроектировать семь перечисленных заводов путем набора комбинаций из нескольких типизируемых литейных цехов (табл. 82): А — чугунолитейного мощностью 35 000—40 000 *t/год* (рис. 116); Б — специальных способов литья мощностью 5000 *t* (в том числе литья в оболочковые формы 3000 *t/год* и литья по выплавляемым моделям 500 *t*); В — цехи тяжелых чугунных отливок (см. рис. 18); Г — фасонносталелитейного цеха на 15 000 *t*; Д — сварочного цеха мощностью 20 000 *t/год*.

В соответствии с основными производственными цехами оказалась возможной типизация и вспомогательных складских, энергетических и других объектов.

Развитие литейного производства на более обоснованных началах специализации внесло существенные изменения в дело создания литейных заводов. Определялись масштабы типовых

Типизация станколитов

Заводы	Мощность в тыс. т				Набор производственных корпусов				
	Всего	В том числе			А	Б	В	Г	Д
		Выпуск чугунных отливок	Выпуск стальных отливок	Выпуск сварных и сварно- литых конструкций					
I	40	40	—	—	×	×	—	—	—
II	40	40	—	—	×	×	—	—	—
III	40	40	—	—	×	×	—	—	—
IV	50	50	—	—	×	×	—	—	—
V	50	50	—	—	×	×	×	—	—
VI	70	40	15 **	20	×	×	—	×	×
VII	70	40	15	20	×	×	—	×	×

\* Индивидуальный корпус на 15 000 т чугуновых отливок, получаемых способом литья в оболочковые формы.  
 \*\* В том числе по 5000 т для сварно-литых конструкций

цехов; большинство создаваемых заводов получило межотраслевой характер районных центролитов.

Оправдавший себя в случае проектирования станколитов метод проектирования путем набора типовых проектов оказался применимым и к районным центролитам.

Учитывая, что в центролитах признак специализации технологической, унификация произведена путем анализа по экономическим районам групп отливок, объединенных общностью технологических процессов. Выявленное соотношение составляет (в, %):

Отливки мелкие, изготавливаемые в сырых формах . . . . .	35
Отливки средние, изготавливаемые в формах с упроченной поверхностью . . . . .	40
Отливки крупные (весом до 20 т) . . . . .	25

Для сравнения можно указать, что на заводе Станколит (Москва) при весе наибольшей отливки 7 т соотношения указанных групп отливок соответственно 43, 40 и 17% [54]. Незначительная разница в соотношениях объясняется спецификой скооперированных литейных цехов московских станкостроительных заводов.

Масштаб районных центролитов определен в значительной мере изучением нужд экономических районов и типовыми мощностями цехов соответственной характеристики. При этом установлено, что в принципе правильно создавать литейные заводы оптимальных размеров, согласно приведенным выше расчетам типовых мощностей, даже в том случае, если заводы будут давать

отливки по кооперации предприятиям соседних экономических районов. Экономическая целесообразность кооперации подлежит проверке с помощью расчетного графика, приведенного на рис. 3.

В целях унификации и ускорения проектных работ литейные заводы центролиты, спроектированные и в настоящее время строящиеся, скомплектованы в основном из следующих типовых литейных цехов: блока чугунолитейных цехов с развесом отливок до 20 000 кг мощностью 80 000—90 000 т/год, цеха стального фасонного литья с развесом до 5000 кг мощностью 30 000 т, цеха стального литья по выплавляемым моделям мощностью 2000 или 4000 т, цеха чугунолитейного литья в оболочковые формы мощностью 5000—7000 т (табл. 83).

Т а б л и ц а 83

Типизация районных центролитов

Заводы	Мощность тыс. т/год	Состав производственных цехов						Заводы	Мощность тыс. т/год	Состав производственных цехов					
		Типовые (см. табл. 66)					Про- чие			Типовые (см. табл. 66)					Про- чие
		1	30	4	5	1				27	30	4	5	1	
I	150	×	×	×	—	×	—	VI	120	×	×	×	—	×	—
II	110	×	×	—	—	—	—	VII	90	×	—	—	—	—	—
III	90	×	—	×	—	×	—	VIII	90	×	—	—	×	—	—
IV	80	×	—	—	—	—	—	IX	80	×	—	—	—	—	—
V	90	×	—	×	—	×	—	X	80	×	—	—	—	—	—

\* Цех ковкого чугуна на 25 000 т/год.

Но этот состав центролитов можно менять и дополнять в зависимости от потребности данного экономического района. Например, как видно из табл. 83, в состав литейного завода может быть включен дополнительно цех ковкого чугуна мощностью 25 000 т/год или исключен или дополнительно добавлен отдельный технологический поток (цех мелкого, среднего или крупного литья).

Цехи сварных конструкций в составе центролитов не предусматриваются из-за сооружения во многих экономических районах специализированных сварочных предприятий.

Как уже указывалось выше (см. гл. IV) в настоящее время разработаны «Общемашиностроительные типовые и руководящие материалы» (ОМТМ) в области технологии и организации производства, предназначенные для использования проектными организациями и заводами при разработке проектов литейных цехов.

С целью создания единых технических решений при проектировании литейных заводов, а также для сокращения сроков выполнения проектных работ и повышения их качества разработаны

руководящие материалы «Единые технические условия на разработку комплексного проекта организации производства для вновь строящихся и реконструируемых заводов-центролитов».

Руководящий материал включает в себя:

- 1) порядок разработки, рассмотрения и утверждения комплексного проекта организации производства,
- 2) состав и необходимую документацию разработки комплексного проекта организации производства,
- 3) перечень общемашиностроительных типовых и руководящих материалов, нормалей машиностроения и государственных стандартов, необходимых при проектировании.

Наряду с общими положениями по разработке комплексного проекта организации производства, материал включает в себя технические условия на разработку литейной технологии и оснастки, которые содержат конкретные рекомендации по выбору способа изготовления отливок, анализу технологичности конструкций литейных деталей, разработке технологического процесса изготовления отливок, проектированию литейной оснастки и т. д., а также технические условия на разработку проектов организации производства во всех частях: пуско-наладочным и работам по внедрению, основным цехам и вспомогательным службам, транспорту, оперативно-производственному планированию и диспетчерской службы, техническому контролю, механизации инженерного и управленческого труда и т. д.

Важнейшей целью при введении в эксплуатацию вновь строящихся литейных заводов является освоение проектной мощности в сроки, предусмотренные нормативами. Но это возможно только при хорошей технологической и организационной подготовке производства, обеспеченной своевременным и достаточным финансированием. Поэтому для обеспечения завода первоначальным комплектом технологической оснастки, производственным и хозяйственным инвентарем и инструментом и комплексом проектов рабочей технологии и организации производства необходимо, чтобы финансирование этих работ велось в порядке, принятом в капитальном строительстве, а сами работы предшествовали пусковому периоду. С этой целью рядом институтов разработан руководящий материал: «Укрупненные нормативы для расчета сметной стоимости затрат, связанных с технологической и организационной подготовкой производства основных литейных цехов новостроящихся специализированных литейных заводов».

#### **4. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ ЛИТЕЙНЫХ ЗАВОДОВ**

Проектирование и строительство обособленных литейных заводов, как указывалось выше, началось по существу недавно.



Однако первый накопленный опыт позволяет сделать некоторые обобщения и привести ряд примеров [138].

Литейные заводы проектируются как законченные специализированные предприятия, состоящие из типовых литейных цехов, с комплексом вспомогательных, энергетических, складских и прочих служб, обеспечивающих условия для ритмичного выполнения заданной программы.

Кроме того, на заводах предусматриваются модельный, ремонтно-механический, скрапоразделочный и копровый цехи, главный магазин, склады формовочных и шихтовых материалов, стержневых связующих и др., центральная заводская лаборатория, заводууправление, столовая, клуб.

В некоторых литейных заводах, где предусмотрены сталелитейные цехи и нет поблизости специализированных сварочных предприятий, возможно строительство сварочных корпусов для осуществления комбинирования литых, сварных и сварно-литых заготовок.

На основании данных ряда проектов рекомендуется следующая площадь вспомогательных цехов и складов, приходящаяся на 1000 т годового выпуска отливок: модельный цех (включая дерево — металло- и пластмассомодельное производство) 60—80 м<sup>2</sup>, ремонтно-механический цех с кузницей, термической, инструментальной, электроремонтной мастерскими 25—30 м<sup>2</sup>, ремонтно-строительный цех 5—7 м<sup>2</sup>, базисный склад шихтовых и формовочных материалов 110—130 м<sup>2</sup> (на территории склада шихты располагаются копровое и скрапоразделочное отделения), склад моделей 60—80 м<sup>2</sup>, главный магазин и склад металла 15—18 м<sup>2</sup>, склад отливок и экспедиция 30—40 м<sup>2</sup> и т. д.

Таковы данные заводов, проектируемых и строящихся в настоящее время.

С дальнейшим развитием специализации литейные заводы ограничатся исключительно литейным производством, получая все нужное в готовом виде со специализированных предприятий (например, технологическую оснастку, изготовленную по нормальям, с модельно-штамповочных заводов, скрап в габаритном виде с баз вторчермета, пески, глины — с обогащительных фабрик и пр.); то же относится ко всем видам энергии и т. д.

При разработке генеральных планов литейных заводов рекомендуется придерживаться следующих основных положений.

1. Четкое зонирование размещения объектов строительства по их технологическим, производственным и транспортным признакам и степени вредности.

2. Все объекты литейного производства подлежат вынесению в одну зону.

3. Складские объекты, такие, как склады шихтовых и формовочных материалов, стройматериалов, огнеопасных материалов и крепителей, главный магазин, склад лома с копром и паровозное

депо (когда последнее предусматривается), располагаются непосредственно за зоной литейных цехов в месте развития железнодорожных путей.

4. Остальные объекты, менее вредные по своим производственным признакам и не связанные с железнодорожным транспортом, располагаются в зоне, примыкающей ближе к главному входу; сюда относятся, например, блоки вспомогательных цехов, и т. п.

5. В предзаводской зоне располагаются заводоуправление, клуб, столовая, проходная, стоянка автомобилей рабочих и служащих.

6. Котельная и газостанция со складами топлива, когда они предусматриваются, располагаются в обособленной зоне площадки и обеспечиваются подъездными железнодорожными путями.

7. Компрессорная и центральная распределительная подстанция, заблокированные в одном здании, располагаются преимущественно у литейных и обрубных корпусов; брызгальный бассейн располагается вблизи компрессорной.

8. Генеральные планы заводов, учитывая характер производства, проектируются с повышенными разрывами между корпусами, обеспечивающими достаточные площади зеленых зон между цехами, предназначенными для отдыха рабочих в перерыве и между сменами.

9. Для более компактного расположения зданий на генеральном плане следует проводить блокирование цехов и служб, допускающих это по своей технологической направленности (например, объединение в одном корпусе всех вспомогательных служб, складов шихтовых и формовочных материалов и т. д.).

В то же время необходимо придерживаться оптимальных пределов блокирования зданий, не причиняя ущерба условиям труда в цехах и обеспечивая возможность проветривания и озеленения территории завода.

10. Схемами генеральных планов предусматривается решение, обеспечивающее минимальное пересечение основными потоками людей внутризаводских железнодорожных путей.

11. Основным видом внутризаводского транспорта принимаются электрокары и автомобили, для чего должна быть предусмотрена достаточно развитая сеть асфальтированных дорог.

12. Для доставки на завод всех грузов, поступающих извне, и вывоза готовой продукции предусматривается железнодорожный транспорт.

13. Учитывая, что литейные заводы будут поставлять продукцию на многие предприятия, склад готовой продукции (он же экспедиция) проектируется закрытым и отапливаемым. Это позволит создать нормальные условия для комплектации отливок и правильно организовать отправку готовой продукции.

## 5. ПРОЕКТНЫЕ РЕШЕНИЯ ЛИТЕЙНЫХ ЗАВОДОВ РАЗНЫХ НАПРАВЛЕНИЙ СПЕЦИАЛИЗАЦИИ

Ниже рассмотрены примеры проектных решений современных обособленных литейных заводов: специализированных районных литейных заводов-центролитов межотраслевого назначения на выпуск 100 000—150 000 *t* отливок в год и специализированных литейных заводов с крупносерийным и массовым характером производства мощностью 200 000—300 000 *t* отливок в год.

Углубление типизации районных литейных заводов межотраслевого назначения (см. табл. 83) получило свое естественное выражение и в унификации генеральных планов заводов.

Сочетание принципов унификации с использованием проектных решений типовых специализированных цехов и изложенных выше рекомендаций по проектированию литейных заводов привело к схемам типизированных генеральных планов районных центролитов межотраслевого назначения, приведенным на рис. 134.

В генеральных планах предусмотрены цех стальных отливок 1 (см. рис. 124), цех средних чугуновых отливок 2 (см. рис. 121), цех мелких чугуновых отливок 3 (рис. 118), цех крупных чугуновых отливок 4 (см. рис. 122), эстакада для отливок и опок 5, цех литья в оболочковые формы 6 (см. рис. 79), цех литья по выплавляемым моделям 7 (рис. 84), блок вспомогательных цехов и склад отливок 8, склад шихты и кокса 9, склад формовочных материалов 10, бункера для сухого песка 11, склад леса 12, энергоблок, компрессорная 13, ацетиленовая станция 14, кислородная станция 15, склад моделей 16, склад связующих материалов 17, заводоуправление 18, проходная 19, клуб и столовая 20, цех отливок из ковкого чугуна 21.

На рис. 135 показана перспектива районного литейного завода, рассчитанного на выпуск 120 000 *t* чугуновых и стальных отливок в год.

На рис. 136 изображена схема генерального плана районного чугунолитейного завода мощностью 120 000 *t* с принципиальным различием по сравнению со схемой на рис. 134, заключающимся в том, что передача шихтовых материалов из склада по цехам решена при помощи железнодорожного, а не безрельсового транспорта; для перемещения формовочных материалов со склада по цехам принят в обоих случаях пневматический транспорт.

На схеме, приведенной на рис. 136, предусмотрены: заводоуправление 1, проходная 2, клуб-столовая 3, блок вспомогательных цехов со складом отливок и главный магазин 4, склад леса 5, цех стальных отливок 6, цех средних чугуновых отливок 7, цех мелких чугуновых отливок 8, цех крупных чугуновых отливок 9, кислородная станция 10, эстакада для отливок и опок 11, бункера для сухих формовочных материалов 12, склад формовочных материалов 13, цех литья в оболочковые формы 14, цех литья по

выплавляемым моделям 15, компрессорная и центральная распределительная подстанции 16, склад шихтовых материалов и кокса 17, брызгальный бассейн 18, склад огнеопасных материалов 19, ацетиленовая станция 20.

Также для сравнения на рис. 137 приведена схема генерального плана чугунолитейного завода мощностью 80 000 т/год,

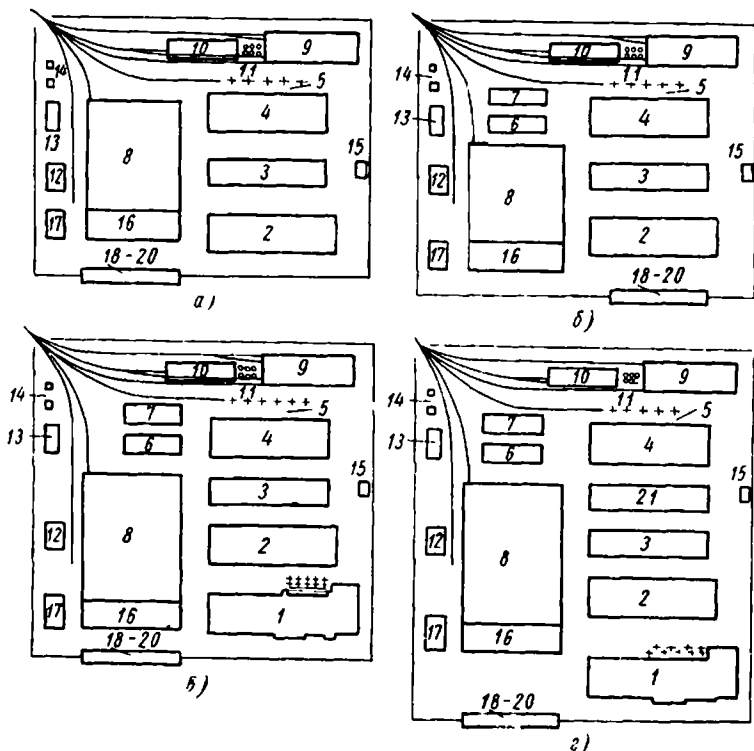


Рис. 134. Схема типизации генеральных планов районных литейных заводов (центролитов) мощностью:

а — 80 000 т отливок в год, б — 90 000 т отливок в год; в — 120 000 т отливок в год, г — 150 000 т отливок в год

построенного на отличной от рассмотренных центролитов технологической основе (см. рис. 123), в результате чего все производство размещается в двух корпусах: литейном (9 и 10 соответственно обозначают на плане цехи крупных, мелких и средних отливок) и обрубно-очистном 11. Кроме того, на заводе предусмотрены склад леса 1, склад скрапа с копром 2, модельный цех и склад моделей 3 и 6, склады для шихтовых и формовочных материалов 4 и 5, бункера для сухих песков 7, эстакада для опок 8, склад металла 12, блок вспомогательных цехов и главный магазин 13,

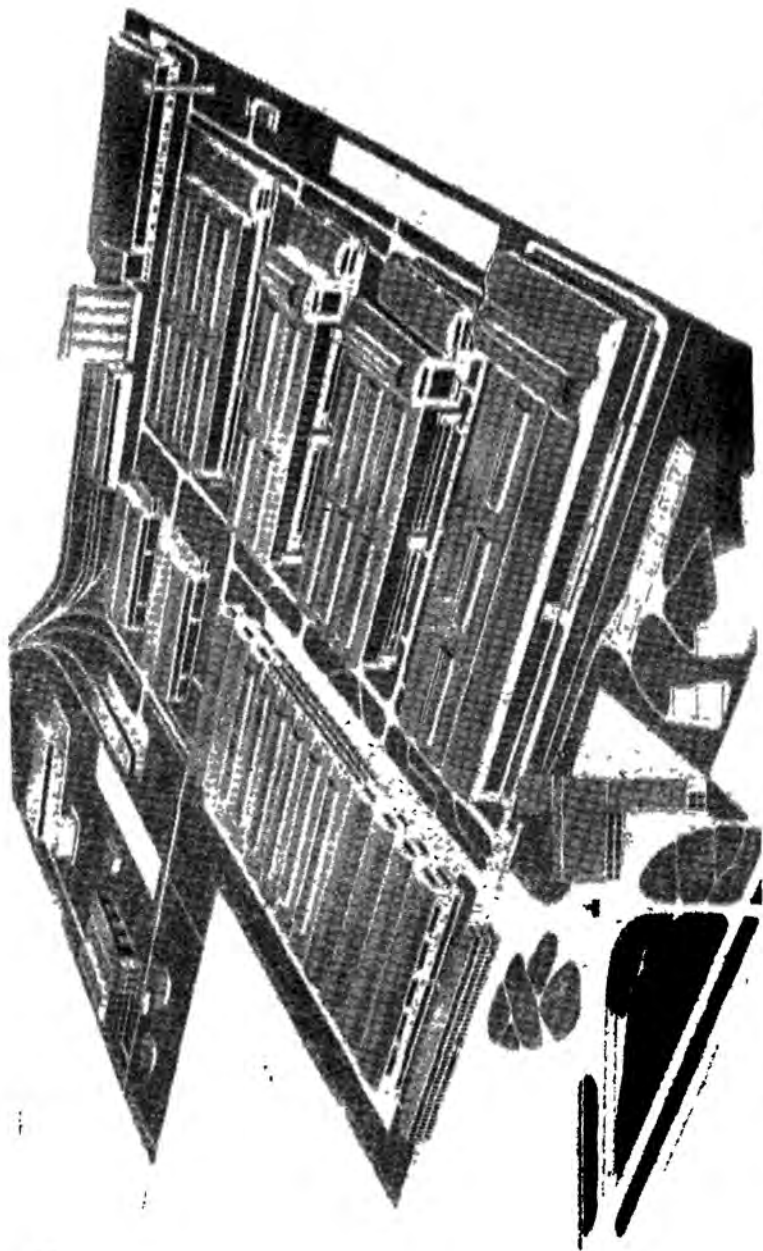


Рис. 135. Перспектива районного литейного завода мощностью 120 000 т огликов в год (Гипростанок)

энергоблок (котельная, компрессорная, кислородная, ЦРП) 14, заводоуправление, столовая и проходная 15.

Территория завода 36,9 га. Площадь застройки 131 300 м<sup>2</sup>.

На рис. 138 представлена схема генерального плана литейного завода, запроектированного первоначально под стальное литье,

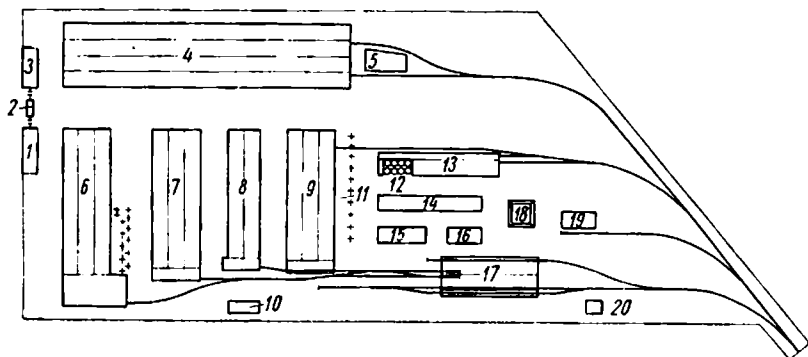


Рис. 136. Схема генерального плана централита мощностью 120 000 т отливок в год (второй вариант)

затем замененное на чугунное — станкостроительное с годовым пуском 53 000 т.

В нем, так же как в типовых решениях, осуществлен принцип автомобильного внутриводского транспорта, однако цехи спе-

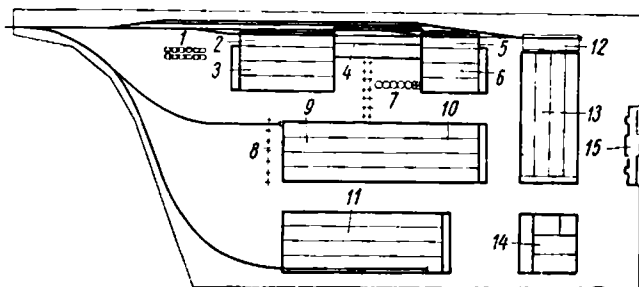


Рис. 137. Схема генерального плана централита мощностью 80 000 т отливок в год (Гипрохиммаш)

циализированы по технологическим комплексам (плавильный, формовочный, обрубной). Максимальный вес отливки 5 т. Площадь территории завода 24,4 га. Коэффициент застройки 0,4, число работающих 2650, в том числе рабочих 2100. Установленная мощность 41 700 квт.

На рис. 139 показана схема генерального плана чугунолитейного завода мощностью 114 000 т станкостроительного литья в год.

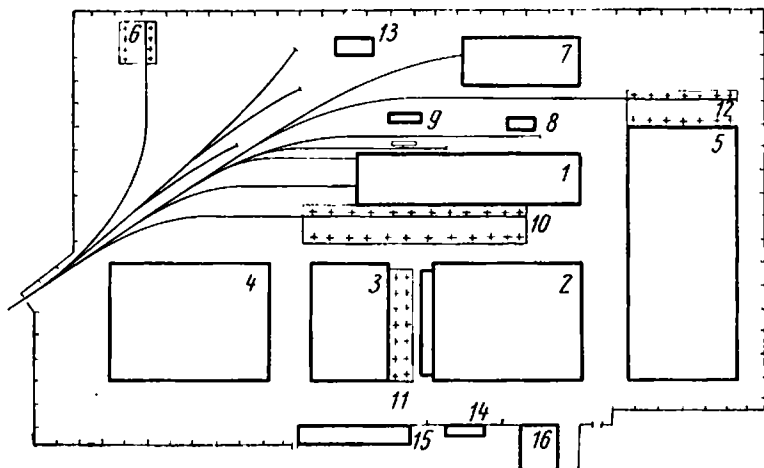


Рис. 138. Схема генерального плана завода станкостроительного чугуна мощностью 50 000 т/год (Укрспромаш)

1 — плавильный корпус; 2 — формовочный корпус; 3 — обрубной корпус; 4 — корпус вспомогательных цехов; 5 — корпус литья для гидроаппаратуры; 6 — копровый цех; 7 — склад; 8 — склад вспомогательных материалов; 9 — склад связующих; 10 — склад литья и опок; 11 — склад крупных выбитых отливок; 12 — склад отливок гидроаппаратуры; 13 — котельная; 14 — инженерно-административный корпус; 15 — бытовой корпус; 16 — столовая

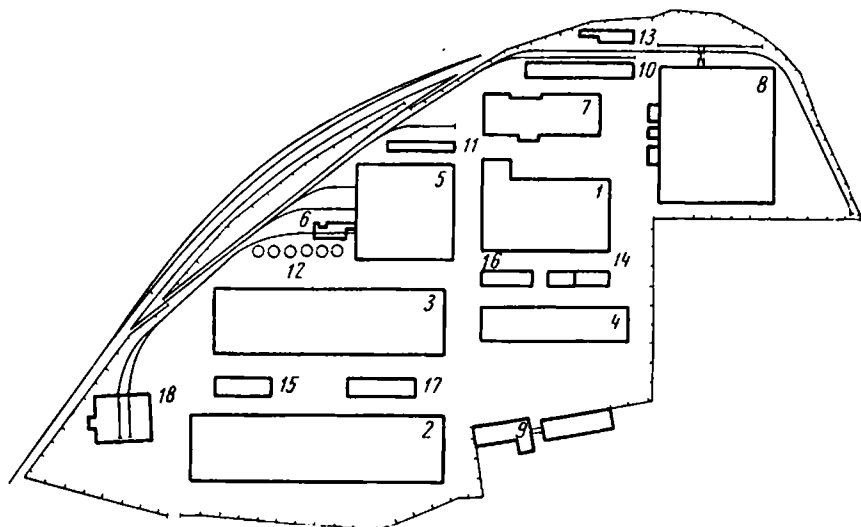


Рис. 139. Схема генерального плана чугунолитейного завода мощностью 114 000 т (Ленгипротяжмаш):

1 — цех крупного литья; 2 — цех среднего литья; 3 — цех мелкого литья; 4 — цех обрубки чугуна; 5 — смесеприготовительный цех; 6 — отделение разгрузки песка; 7 — модельный цех; 8 — корпус вспомогательных цехов; 9 — инженерно-лабораторный корпус; 10 — блок складов; 11 — склад; 12 — склад формовочных материалов; 13 — склад связующих; 14 — компрессорная; 15 — станция углекислого газа; 16 и 17 — бытовые; 18 — копровый цех

Находящийся в настоящее время в эксплуатации один из цехов завода отличается тем, что в качестве плавильного агрегата установлены индукционные печи промышленной частоты. Основные запроектированные данные по заводу таковы: всего чугунных отливок 114 000 *m/год*, в том числе мелких и средних по 40 000 *m* и крупных 34 000 *m*; число работающих 3470, в том числе рабочих

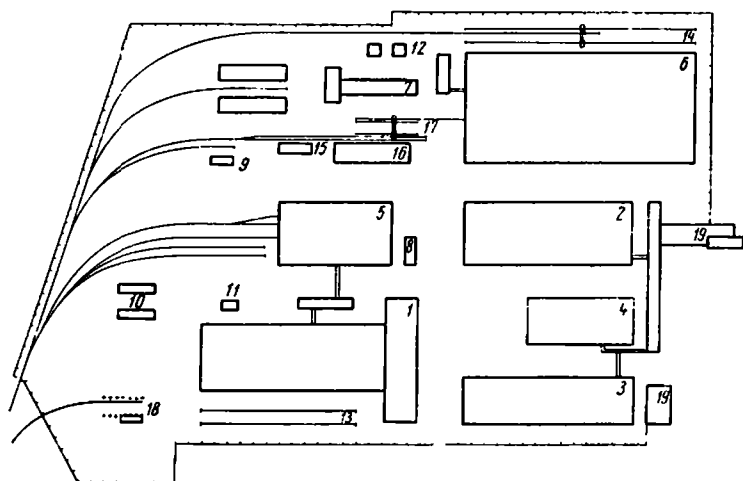


Рис. 140. Схема генерального плана чугуносталелитейного централита мощностью 155 000 *m* (Ленгипротяжмаш):

1 — цех стального литья; 2 — цех среднего чугунного литья; 3 — цех мелкого чугунного литья; 4 — блок цехов специальных видов литья; 5 — склад формовочных и шихтовых материалов; 6 — блок вспомогательных цехов; 7 — энергетический блок; 8 — компрессорная; 9 — кислородная станция; 10 — ацетиленовая станция; 11 — холодильная станция; 12 — сооружения производственного и противопожарного водопровода; 13 — склад опок; 14 — склад готовой продукции; 15 — склад масел и химикатов; 16 — блок складов; 17 — склад леса; 18 — копровый цех; 19 — инженерно-лабораторно бытовой комплекс

2650; установленная мощность 81 600 *квт*. Общая площадь участка 24,8 *га*. Коэффициент застройки 0,44.

На рис. 140 представлена схема генерального плана чугуносталелитейного завода мощностью 155 000 *m/год*, также отличающаяся по компоновке от приведенных выше типовых схем. Число работающих составляет по проекту 6600, в том числе рабочих 4300.

Из литейных заводов, предназначенных для изготовления стальных отливок, на рис. 141 приведен пример генерального плана завода мощностью 60 000 *m/год*, в том числе 15 000 *m* из легированных сталей. Характерным отличием данного завода является сосредоточие в главном корпусе не только всего сталелитейного производства, но и модельного и других вспомогательных цехов, а также складов основных материалов моделей, главного магазина и пр.



Площадь территории завода 12,5 га; коэффициент застройки 0,49; число работающих 2400, в том числе рабочих 1800. Установленная мощность 50 500 квт.

Строится и частично введен в эксплуатацию завод стальных отливок для вагоно- и автомобилестроения мощностью 146 000 т отливок в год.

Завод рассчитан на изготовление в год 103 000 т стальных отливок деталей вагонов весом от 270 до 750 кг, 20 000 т отливок для автомашин весом 50—160 кг; 19 000 т вагонных отливок

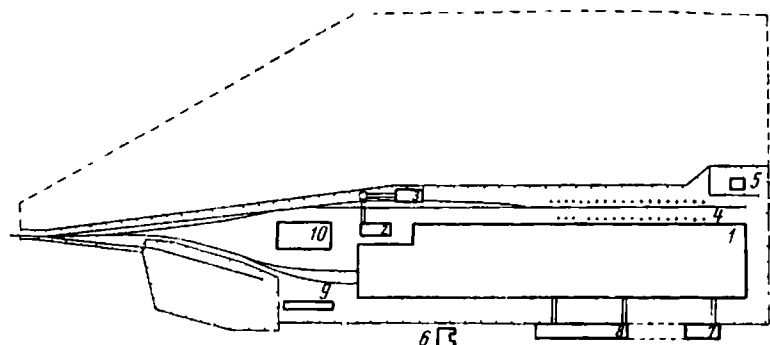


Рис. 141. Схема генерального плана завода стального литья мощностью 60 000 т/год (Гипротяжмаш)

1 — главный корпус; 2 — склад сухого песка; 3 — место разгрузки песка; 4 — склад литья и очок; 5 — ацетиленовая станция; 6 — понижительная подстанция; 7 — административно бытовой корпус; 8 — инженерно-лабораторный корпус; 9 — склад связующих; 10 — энергоблок

(корпус буксы с передней крышкой) весом 10—50 кг в оболочковые формы и 3000 стальных отливок по выплавляемым моделям. В составе завода находятся фасонносталелитейный цех мощностью 124 000 т, такой же мощности термообрубной цех с отделениями механической обработки на 50 000 т, цех оболочкового литья соответственно на 19 000 т и литья по выплавляемым моделям на 3000 т. Грунтовке подвергается 124 000 т отливок.

Общая площадь всех цехов (без бытовых) 123 400 м<sup>2</sup>, в том числе литейных цехов 86 700 м<sup>2</sup>. Число работающих на заводе определено в 2500, в том числе рабочих 1800.

Трудоемкость на 1 т литья: общая по заводу 8,9 чел.-час, в том числе по фасонносталелитейному цеху 5 чел.-час, по термообрубному 2,4 чел.-час, оболочкового литья 7,9 чел.-час, по цеху литья по выплавляемым моделям 5,1 чел.-час, по отделению механической обработки 2,1 и грунтовки 0,15 чел.-час.

Годовой выпуск отливок, приходящийся на одного работающего, 59 т; на 1 м<sup>2</sup> общей площади 1,2 т, площади производственных цехов 1,7 т. Общая развернутая площадь всех зданий

на 1 *m* выпуска в год 0,84 *m*<sup>2</sup>, на одного рабочего 68 *m*<sup>2</sup>. Установленная мощность на одного рабочего 51 *квт*.

Площадь территории завода 32 *га*, площадь застройки 15 *га*.

На рис. 142 показана схема генерального плана завода тяжелого стального литья, поковок и сварных конструкций общей мощностью 165 000 *т/год*, в том числе отливок 53 000 *т*, слитков 63 000 *т*, поковок 26 000 *т*, металлургической оснастки 10 000 *т* и сварных заготовок 13 000 *т*.

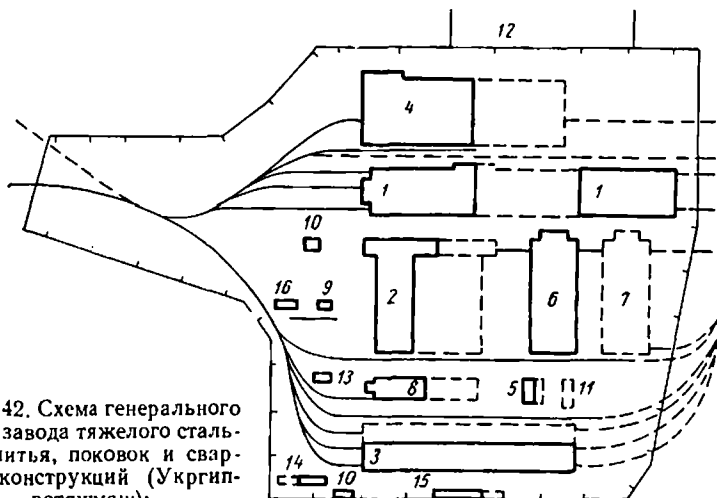


Рис. 142. Схема генерального плана завода тяжелого стального литья, поковок и сварных конструкций (Укргипротяжмаш):

1 — слева плавильный цех, справа кузнечно-прессовый цех; 2 — корпус формовки среднего и тяжелого литья; 3 — блок цехов (обдирочный, сварных заготовок, термический, металлургической оснастки и средств механизации, электрошлакового переплава). 4 — модельный, ремонтно-строительный и тарный цехи, склады, 5 — компрессорная и кислородная станция, 6 — обрубной цех тяжелого литья, 7 — обрубной цех среднего литья, 8 — склад песков и смесеприготовительное отделение, 9 — склад огнеопасных материалов, 10 — столовые, 11 — рецептурная, 12 — электроподстанция, 13 — станция углекислого газа, 14 — стойка автомашин и велосипедов; 15 — административный блок; 16 — мазутохранилище

Мощность входящих в состав завода цехов соответственно: сталелитейный цех 125 000 *т*, отделение электрошлакового переплава 8000 *т*, обрубной цех с грунтовочным отделением 70 000 *т*, кузнечно-прессовый с термическим отделением 33 000 *т*, цех сварных заготовок 15 000 *т*, обдирочный 91 600 *т*, термический 39 400 *т*, цех металлургической оснастки 15 000 *т*.

На заводе запроектировано 3900 работающих, в том числе рабочих 2900. Общая площадь всех цехов 125 600 *m*<sup>2</sup>, в том числе производственных цехов 97 200 *m*<sup>2</sup>.

Годовой выпуск завода на одного работающего 42,3 *т* и на 1 *m*<sup>2</sup> площади 1,3 *т*. Общая развернутая площадь всех зданий на одного рабочего 43,2 *m*<sup>2</sup> и на 1 *т* выпуска 0,76 *m*<sup>2</sup>. Площадь территории завода 71,1 *га*, площадь застройки 27,8 *га*.

На рис. 143 представлен генеральный план крупного специализированного завода как стального, так и чугунного литья и сварных машиностроительных конструкций с выпуском в год 234 000 *t* отливок и 135 000 *t* сварных конструкций.

В состав завода входят цех мелкосерийного стального литья 1, цех среднего чугунного литья 2 (см. рис. 121), цех мелкого чугунного литья 3 (см. рис. 118), цех крупного чугунного литья 4 (см. рис. 122), блок цехов стального и чугунного оболочкового и кокильного литья 5, цех тракторного литья 6, цех металлических конструкций 7, склад шихты и формовочных материалов 8, блок вспомогательных цехов 9, склад горюче-смазочных материалов 10, котельная 11, склад угля 12, склад леса 13, ацетиленовая станция 14, инженерный корпус 15.

Площадь территории завода 108 га, площадь застройки 44,6 га.

Схема генерального плана специализированного крупносерийного литейного завода автомобильных частей (автолита) на выпуск 200 000 *t/год* представлена на рис. 144. В заводе объединены сталелитейный цех 1 мощностью 65 000 *t* отливок в год

(см. рис. 105); литейный цех ковкого чугуна 2 мощностью 55 000 *t/год* (см. рис. 104); литейный цех серого чугуна 3 мощностью 65 000 *t/год* (см. рис. 103); энергетический блок 4 (компрессорная установка, центральная распределительная подстанция, водопроводная насосная станция); копровый цех 5; блок, в составе которого скрапоразделочный цех; склад кокса, известняка; склад угля, бентонита и плакированного песка 6; склад вспомогательных материалов 7; склад светлых нефтепродуктов 8; ацетиленовая станция 9; блок, в состав которого входят цех мелкосерийных отливок на 15 000 *t/год*; склад формовочных материалов и склад огнеупоров; склад готовой продукции и материальный склад; вспомогательные цехи 10; склад пиломатериалов 11; склад химикатов; склад масел и связующих 12; автомобильные весы 13; контрольные пункты 14; административный корпус 15.

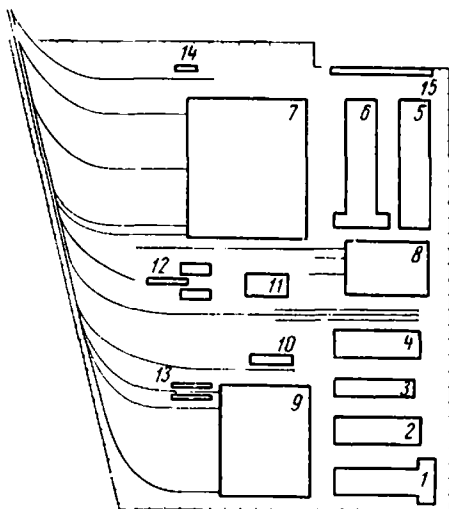


Рис. 143. Схема генерального плана завода стального и чугунного литья мощностью 234 000 и сварных конструкций 135 000 *t/год* (Ленгипротяжмаш)

На рис. 145 представлена схема генерального плана одного из самых крупных в мире и самого крупного в Европе литейного завода автомобильных частей, начинающегося строиться в нашей стране.

На генеральном плане обозначены: 1 — корпус мелкосерийного литья; 2 — стержневой корпус № 1; 3 — литейный корпус серого чугуна; 4 — термообрубной корпус серого чугуна; 5 — литейный корпус ковкого чугуна; 6 — термообрубной корпус ковкого чугуна; 7 — стержневой корпус № 2; 8 — корпус стального литья; 9 — термообрубной корпус стального литья; 10, 24—29 —

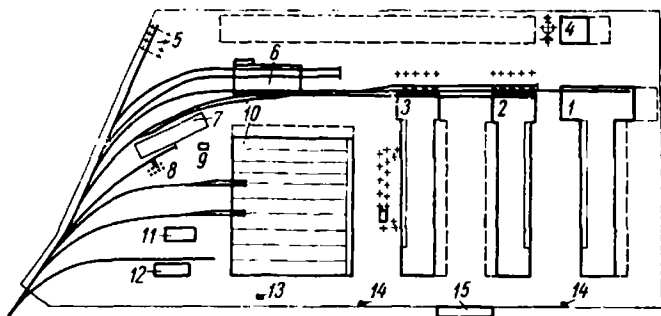


Рис. 144. Схема генерального плана литейного завода автомобильных частей мощностью 200 000 т отливок в год (Гипроавтопром)

бытовые помещения литейных и термообрубных цехов; 11 — склад готовой продукции; 12 — корпус вспомогательных цехов; 13 — бытовые помещения вспомогательных цехов; 14 — корпус переработки металлолома и склад огнеупоров; 15 — склад сухого песка; 16 — склад песка и известняка; 17 — склад связующих; 18 — энергоблок; 19 — котельная; 20 — мазутохранилище; 21 — копровый цех; 22 — заводоуправление и центральная лаборатория; 23 — корпус литья коленчатых валов.

Запроектированный выпуск продукции составляет порядка 360 000 т/год, в том числе 150 000 т отливок из серого чугуна и по 100 000 т из ковкого чугуна и стали.

Основные принятые в проекте технологические решения, в частности по производству отливок из серого чугуна, сводятся к тому, что плавка ведется дуплекс-процессом — вагранки горячего дутья с охлаждением и длительным циклом компании — индукционные миксеры промышленной частоты; формовка осуществляется на автоматических линиях преимущественно прессованием под высоким давлением; стержни делаются в горячих ящиках.

Площадь территории завода 128 га, коэффициент застройки 0,3; число работающих 8700; в том числе рабочих 6900. Установленная мощность 195 000 квт.

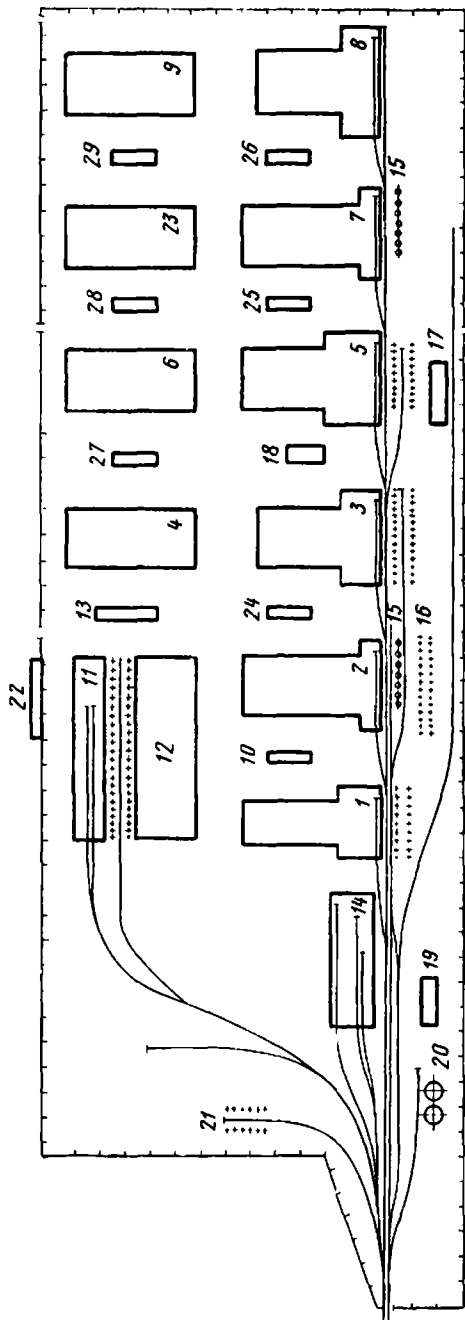


Рис. 145. Схема генерального плана литейного завода автомобильных частей мощностью 360 000 т/год (Гипроавтопром)

Основные данные и технико-экономические показатели некоторых рассмотренных выше проектов литейных заводов приведены в табл. 84.

Таблица 84

Основные данные и технико-экономические показатели проектов литейных заводов

Показатели	Направление специализации				
	Мелкосерийное производство			Крупносерийное производство	
Годовой выпуск отливок в <i>т</i> . . . . .	70 000	120 000	150 000	200 000	360 000
В том числе:					
из чугуна . . . . .	50 000	90 000	120 000	135 000	150 000
из стали . . . . .	20 000	30 000	30 000	65 000	100 000
из ковкого чугуна	—	—	—	55 000	100 000
Число работающих . . . . .	3030	4290	4960	4210	8700
В том числе рабочих	2400	3720	3990	3440	6920
Установленная мощность токоприемников в <i>квт</i> . . . . .	22 900	48 100	62 100	80 000	195 000
Площадь заводской территории в <i>га</i> . . . . .	34	34	40,4	41,5	129,0
Развернутая площадь зданий (без эстакад) в тыс. <i>м<sup>2</sup></i> . . . . .	114	188	227	165	387
Годовой выпуск на одного рабочего в <i>т</i> . . . . .	29,8	34,4	36,1	49,0	51,6
Развернутая площадь зданий на одного рабочего в <i>м<sup>2</sup></i> . . . . .	47,7	50,6	55,3	48,5	44,4
То же на 1 <i>т</i> годового выпуска в <i>м<sup>2</sup></i> . . . . .	1,6	1,6	1,5	0,8	1,08
Площадь территории на 1 <i>т</i> годового выпуска в <i>м<sup>2</sup></i> . . . . .	4,9	2,8	2,7	2,1	3,6
Энерговооруженность одного рабочего в <i>квт</i> . . . . .	9,5	13,0	15,5	19,1	28,0

Выше указывалось на целесообразность перехода в дальнейшем, по мере повышения общего уровня специализации промышленности, на проектирование литейных заводов, освобожденных от не связанных непосредственно с литейной технологией складских, заготовительных, энергетических и других подсобных служб.

В качестве характерного примера можно привести два литейных завода мелкосерийного производства, работающих в США.

На рис. 146 показан чугунолитейный завод с двумя вагранками производительностью по 20 т. На заводе оборудован конвейер для транспортировки готовых и использованных формовочных смесей. При ступенчатом режиме выпуск отливок заводом составляет 15 000—20 000 т/год. Площадь всех строений 95 000 м<sup>2</sup>. Площадь участка 8,5 га.

На рис. 147 приведен сталелитейный завод мощностью 55 000 т отливок в год. Завод оборудован 15 кранами грузоподъемностью до 3,5 т. Площадь зданий 32 000 м<sup>2</sup>. Площадь участка 9,6 га.

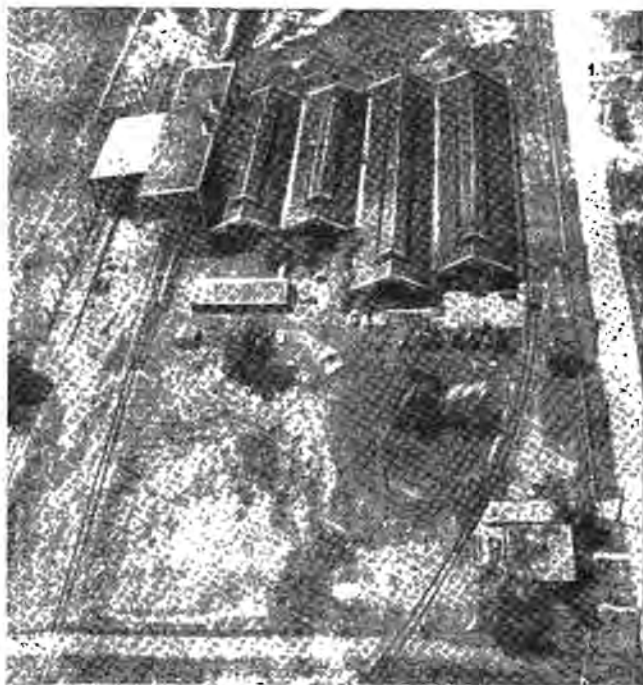


Рис. 146. Чугунолитейный завод (США)

В обоих заводах отсутствуют модельные цехи, склады леса; нет котельных, газогенераторных станций и других сооружений вспомогательного, энергетического и складского назначения.

Сопоставляя указанные площади литейных заводов, приведенных на рис. 146 и 147, с данными табл. 84, относящимися к проектным решениям комплексных предприятий, можно приблизительно оценить эффективность перехода в перспективе от комплексных литейных заводов к заводам, построенным на началах внешней кооперации путем снабжения оснасткой и подготовленными материалами со специализированных предприятий.



Рис. 147. Фасонносталеелитейный завод (США)

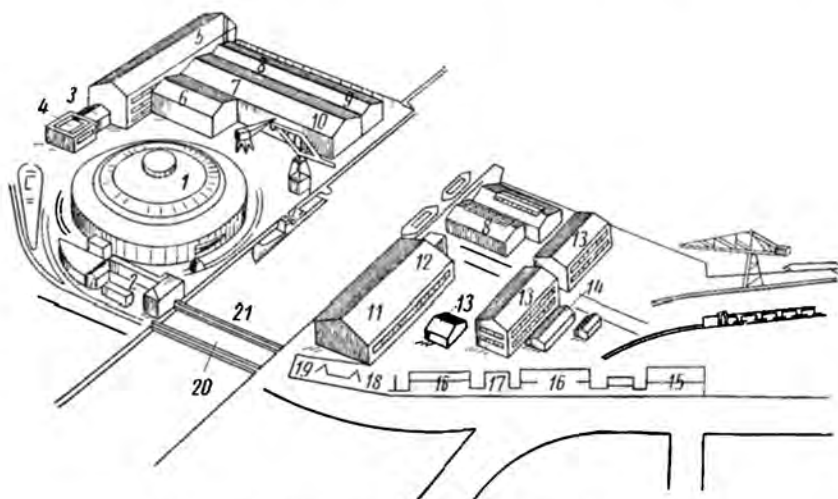


Рис. 148. Схема чугунолитейного завода (Дания):

1 — чугунолитейный корпус; 2 — контора; 3 — бытовые помещения; 4 — компрессорная, 5 — формовочное отделение стальных мелких отливок; 6 — сталеплавильное отделение; 7 — формовочное отделение стальных крупных отливок; 8 — кузнца; 9 — обдирочное отделение; 10 — прессовая мастерская; 11 — обрубная чугуновых отливок; 12 — обрубная стальных отливок; 13 — модельные склады; 14 — склад вспомогательных материалов; 15 — бытовые помещения; 16 — лаборатории; 17 — компрессорная станция; 18 — ремонтная мастерская; 19 — бытовые помещения; 20 — мост; 21 — транспортный канал



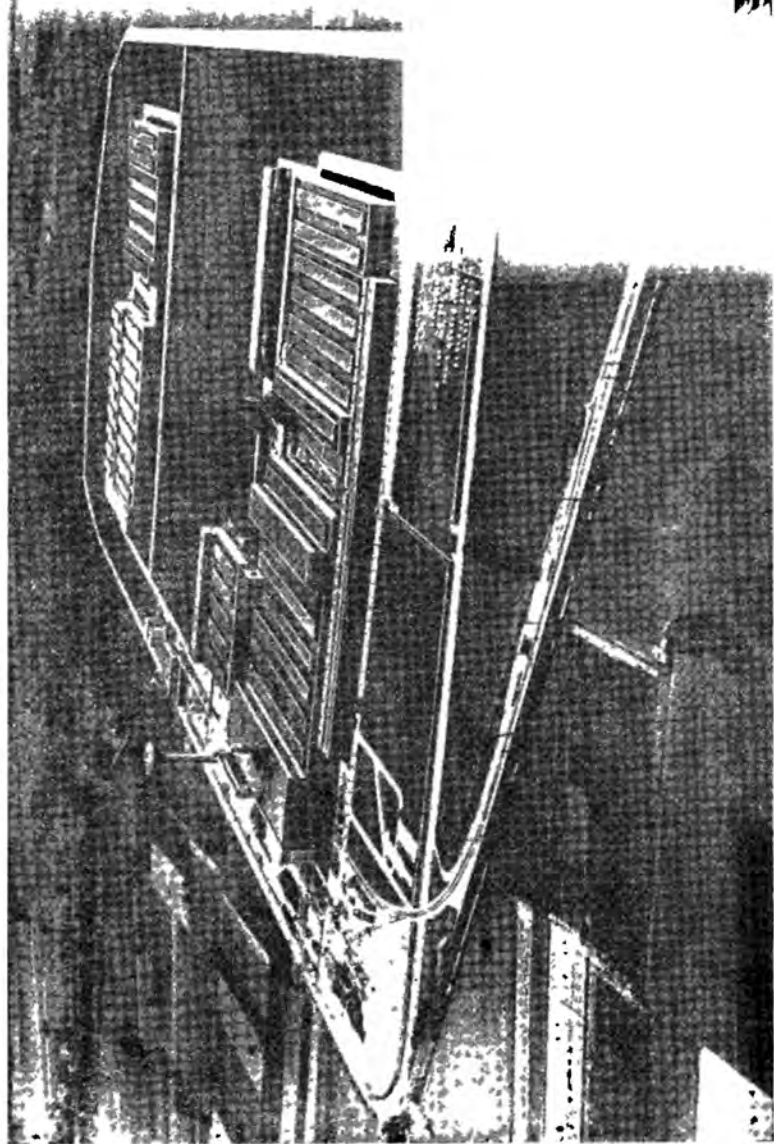


Рис. 149. Перспектива литейного завода фирмы Фиат (Италия)

Вместе с тем следует отметить, что для литейных заводов западноевропейских стран более типичны комплексные литейные заводы. Один из таких заводов в Дании имеет мощность 22 000 *t* отливок в год, в том числе 15 000 *t* чугунных, 6000 *t* стальных и 500 *t* из цветных сплавов. Характер производства мелкосерийный. Развес отливок колеблется от нескольких килограммов до 30 *t*. Кроме отливок, завод выпускает в год 27 000 *t* слитков [234]. Схема завода изображена на рис. 148.

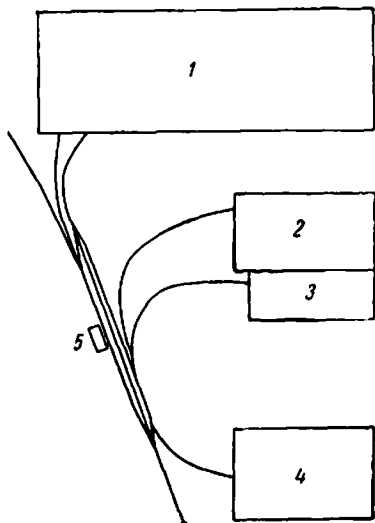


Рис. 150. Схема куста кооперированных заводов:

1 — литейный завод; 2 — завод приспособлений; 3 — завод механических прессов; 4 — завод фрезерных станков; 5 — сортировочная станция

Новый литейный завод фирмы Фиат (г. Карманьола, Италия) мощностью 70 000 *t/год* представлен на рис. 149.

Завод изготавливает отливки из ковкого, серого легированного чугуна и чугуна с шаровидным графитом для автомобильной и тракторной промышленности.

Производство рассчитано на выпуск крупно- и мелкосерийных отливок и сосредоточено в одном литейном корпусе (см. рис. 114). Все инженерные службы завода, а также бытовые помещения выделены в отдельный двухэтажный корпус, являющийся как бы фасадом производственного корпуса и изолированный от вибраций и неприятных шумов производства. Представляет несомненный интерес то обстоятельство, что срок строительства и монтажа завода от пробного зондирования первой заливки в апреле 1962 г.

грунта в августе 1960 г. до занял всего 21 месяц.

Совместное рассмотрение схем генеральных планов и проектных показателей литейных заводов разного назначения позволяет сделать заключение о том, что изложенные принципы специализации производства, приводящие к истиранию граней между планировочными решениями цехов крупно- и мелкосерийного производства отливок, также благотворно влияют и на проектные решения заводов в целом.

Организация в экономических районах страны централизованных литейных заводов изменит структуру машиностроения, так как машиностроительные заводы из крупных комплексных предприятий постепенно становятся заводами исключительно механосборочными.

Последнее наглядно следует из соотношения масштабов заводов одного из подобных кооперированных кустов, представленного на рис. 150.

Меняется и структура капитальных вложений; при анализе стоимости литейных заводов следует учитывать, что на литейные заводы, являющиеся центрами кооперированных кустов предприятий и строящиеся для необходимого опережения заготовительных мощностей первыми, относятся, как правило, затраты на создание единых энергетических, транспортных и других сооружений.

---

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Изучение вопросов специализации и проектирования литейных цехов и заводов показало, что технический прогресс литейного производства до уровня требований, предъявляемых к этой отрасли задачами развития народного хозяйства и всем построением материально-технической базы коммунизма достигается наиболее эффективным путем на основе развития специализации. При этом необходимым условием выявленной закономерности развития специализации литейного производства является опережение роста продукции специализированных предприятий по сравнению с общим увеличением выпуска отливок.

Анализ состояния и тенденций совершенствования техники производства отливок позволил определить основные направления специализации литейного производства. При этом особенно важной и принципиально новой является специализация мелкосерийного производства, основанная на применении поточных методов изготовления отливок.

Можно считать доказанным, что развитие специализации делает более прогрессивной общую структуру литейного производства и увеличивает средний масштаб цехов с однородными технологическими процессами. На этой основе становится возможным резкое повышение уровня механизации и автоматизации производства и увеличение применения прогрессивных способов литья. В связи с этим улучшаются технико-экономические показатели всего литейного производства.

Наибольшая эффективность специализации достигается при выборе для специализированных производств оптимальных технологических процессов с кратчайшим суммарным циклом производства литой детали.

Рост специализации производства позволяет усовершенствовать кооперированные связи, увеличивая их экономический радиус.

Развитие специализации создает условия для повышения научного уровня проектирования. Разработанная система комплексного типового проектирования специализированных литей-

ных цехов основана на применении оптимальных мощностей цехов разных направлений специализации, отражающих прогресс техники изготовления отливок. При этом доказано, что, как правило, оптимум мощности соответствует тому минимуму выпуска продукции, который создает возможность эффективной организации производства на предусматриваемом уровне техники.

Проектировать типовые литейные цехи рекомендуется в виде специализированных потоков с законченным технологическим циклом производства отливок. Объемно-планировочные решения литейных цехов рекомендуются с учетом наличных средств механической вентиляции, с развернутым внешним периметром и ограниченной глубиной зданий, предпочтительно в форме вытянутых узких прямоугольников.

В связи с ускорением научно-технического прогресса необходимо предусматривать в проектах возможность использования принципиально новых процессов и агрегатов, предъявляя к зданиям и сооружениям требование применимости.

Специализация создает дополнительные преимущества сосредоточению производства отливок на крупных литейных заводах. При этом изложенный метод проектирования литейных заводов позволяет проектировать их путем набора типовых специализированных цехов. По мере общего укрепления специализации промышленности литейные заводы будут целесообразно превращать из комплексных в организованные на началах внешней кооперации в снабжении оснасткой, подготовленными материалами и полуфабрикатами.

Развитие специализации производства отливок, дополненное специализацией производства оснастки, подготовки материалов и полуфабрикатов, приведет к выделению литейного производства в самостоятельную отрасль промышленности. Преобразованная при этом типовая схема производства отливок, освобожденная от не свойственных литейной технологии функций, станет основой для кардинальных сдвигов техники литейного производства, в результате чего оно станет беспыльным, бесшумным, с герметизированными процессами, отсутствием тяжелого труда при выполнении основных и вспомогательных операций, обладающим высокой технико-экономической эффективностью.

---

## ЛИТЕРАТУРА

1. Аксенов Н. П. и Аксенов П. Н. Оборудование литейных цехов, т. 1. М., Машгиз, 1949.
2. Балакшин Б. С. Основы технологии машиностроения. М., Машгиз, 1956.
3. Барташев Л. В. Техничко-экономические расчеты при проектировании и производстве машин. М., «Машиностроение», 1967.
4. Барышевский Л. М. и Фомин В. Н. Автоматизация процессов литейного производства. Ростов, Ки. изд-во, 1967.
5. Белопухов А. К. и др. Литье под давлением М., Машгиз, 1962.
6. Берг П. П. Оценка точности размера отливки. Сб. «Точность отливок». М., Машгиз, 1960.
7. Берг П. П. Формовочные материалы М. «Машиностроение», 1963.
8. Береславский А. Д., Цыганко Л. З. и Эдельгауз Г. Е. Оценка уровня механизации производства в литейных цехах. «Литейное производство», 1961, № 7.
9. Берри Л. Я. Специализация и кооперирование в промышленности СССР, М., Госполитиздат, 1954.
10. Богданов В. Н. и др. Проектирование комплексно механизированных и автоматизированных чугунолитейных цехов. М., «Машиностроение», 1964.
11. Брабенец Р. Литейное производство в Чехословацкой республике. В сб. «Лейпцигская конференция литейщиков в 1956 г.» М., Машгиз, 1957.
12. Бромлей М. Ф. Основные положения по проектированию типовых литейных цехов. Сб. «Вопросы промышленной вентиляции» М., Профиздат, 1956.
13. Бромлей М. Ф. и Красилов Г. И. Отопление и вентиляция чугунолитейных цехов. М., Профиздат, 1954.
14. Ващенко К. И. и Софрони Л. Магнийевый чугун. М., Машгиз, 1960.
15. Великанов К. М. и Клебанер В. Я. Методика расчета экономической эффективности замены заготовок из проката отливками. Экономика машиностроения. Труды ЛПИ, 1963.
16. Верте Л. А. Электромагнитная разливка и обработка жидкого металла М., «Металлургия», 1967.
17. Вишняков Н. В., Колачева О. В. и Шацких М. И. Изготовление обычных песчаных форм. В сб. «Литейное производство». Лениздат, 1967.
18. Методика определения технико-экономической эффективности новой технологии. М., 1959 (ВНИИНМАШ).
19. Воронцов В. Н. Вопросы исследования работы формовочных машин литейного цеха серийного производства. «Литейное производство», 1956, № 12.
20. Гельперин Н. Б. Проектирование литейных цехов. М., Машгиз, 1938.
21. Гиршович Н. Г. Справочник по чугунному литью. М., Машгиз, 1961.

22. Гиршович Н. Г. Кристаллизация и структура чугуна в отливках. М., «Машиностроение», 1966.
23. Гольбин Я. А. Вопросы экономики литейного производства. Минск, изд-во АНБССР, 1960.
24. Гольбин Я. А. Экономическая эффективность точного литья в машиностроении. Минск, 1964.
25. Горюнов И. И. Нормирование точности отливок. Сб. Повышение геометрической точности отливок. Л., «Знание», 1963.
26. Гофман Ф. Л. Архитектура чугунолитейных мастерских. М., Изд. КУБУ, 1935.
27. Горшков А. А. Резервы литейных цехов Урала. «Литейное производство», 1955, № 8.
28. Горшков А. А., Полищук В. П. и Цин М. Р. Применение однофазных электромагнитных насосов в литейном производстве. «Литейное производство», 1962, № 8.
29. Груздев А. Н. Скоростные методы производства крупного станочного литья. В сб. «Скоростные методы обработки металлов», Машгиз, 1949, (МОНИТОМАШ).
30. Груздев А. Н. Механизированное изготовление стержней для литейных форм. М., «Высшая школа», 1965.
31. Гуляев Б. Б. Литейные процессы. М., Машгиз, 1960.
32. Додин Я. Л. Обрубка и очистка литья. М., Профиздат, 1958.
33. Должанский Е. Н. Технологические основы поточно-механизированного производства разносерийных отливок. М., ЦИНТИ Химнефтемаш, 1966.
34. Другалев С. М. Вопросы перестройки литейного производства Свердловского совнархоза. «Литейное производство», 1959, № 12.
35. Дубинин Н. П. Механизация и автоматизация литья в металлические формы. М., Машгиз, 1959.
36. Дудин Л. А. Техничко-экономическая эффективность литья под давлением. В сб. «Литье под давлением» М., Машгиз, 1955 (ВНИТОЛ).
37. Ефимов А. Н. и Берри Л. Я. Вопросы планирования специализации производства в машиностроении. В сб. «Вопросы планирования размещения промышленности», М., Госпланиздат, 1959.
38. Жильцов В. М. Опытнo-промышленная установка регенерации стержневой смеси и очистки оборотной воды. «Литейное производство», 1962, № 7.
39. Золотых М. Н. Пневматическое сушило для сушки песка. «Литейное производство», 1960, № 4.
40. Зуев В. М. и Шестопал В. М. Литейное производство в Чехословакии. ЦБТИ МОСНХ, 1959.
41. Зусман Л. Л. Ресурсы металлолома для литейного производства. «Литейное производство», 1960, № 10.
42. Иванов Д. П. Механизация и автоматизация процессов литейного производства в автотракторной промышленности. В сб. «Комплексная механизация производственных процессов в машиностроении», Вып., 1, М., Машгиз, 1950.
43. Иванов Д. П. Комплексная механизация и автоматизация — решающий фактор прогресса литейного производства. «Литейное производство», 1958, № 5.
44. Иванов Д. П. Автоматическая установка «Бюрер». «Литейное производство», 1961, № 2.
45. Иванов Д. П. и Окроешко Н. В. Литейное производство. В сб. «Автоматизация процессов машиностроения», Изд-во АН СССР, 1956.
46. Иванов В. Н. и Осокин Н. М. Механизация литья по выплавляемым моделям. М., Машгиз, 1959.
47. Ионесянц М. Я. К вопросу промышленной сантехники в литейных цехах и конфигурации зданий «Литейное производство», 1959, № 10.
48. Каган Н. Я. Основные направления механизации и автоматизации литейных цехов мелкосерийного и индивидуального производства. «Литейное производство», 1960, № 11.

49. Карлик Е. М. Некоторые вопросы теории и обоснования размера машиностроительных предприятий. Экономика машиностроения. Труды ЛПИ, 1963.
50. Карлик Е. М. и Малаховский Г. В. Специализация и кооперирование чугунолитейного производства в Ленинградском экономическом районе. «Литейное производство», 1959, № 1.
51. Клебанер В. Я. Некоторые вопросы специализации модельного производства. Экономика машиностроения. Труды ЛПИ, 1963.
52. Клебанер В. Я. Экономика и организация модельного производства. М., «Машиностроение», 1967.
53. Клочков В. С. Об оценке направлений специализации чугунолитейного производства. «Литейное производство», 1961, № 10.
54. Кнорре Б. В., Рыхлецкий И. З. и Четверухин С. И. Чугунолитейное производство на специализированных литейных заводах. «Литейное производство», 1960, № 11.
55. Коган М. А. Специализация литейного производства Московского городского совнархоза. «Литейное производство», 1959, № 11.
56. Кононов Д. Р., Гаркуша П. И. и Васильев А. А. Рентабельные конструкции модельных комплектов мелкосерийного литья. В сб. «Литейное производство». Машгиз, 1949, (ЛОНИТОЛ).
57. Красилор Г. И. Пневмотранспорт сыпучих материалов в машиностроении. В сб. «Вопросы промышленной вентиляции». М., Профиздат, 1956.
58. Кулешов П. Ф. Вклад завода «Станколит» в литейное производство. «Литейное производство», 1959, № 2.
59. Кулешов П. Ф. и Шестопал В. М. Прогрессивная технология производства крупного чугунного литья. «Вестник машиностроения», 1948, № 7.
60. Левитинский П. А. Концентрация, специализация и кооперирование литейного производства в Харьковском экономическом районе. «Литейное производство», 1959, № 3.
61. Лисицын В. Н. Специализация и производительность труда. «Коммунист», 1967, № 4.
62. Литейные машины и оборудование в капиталистических странах. ЦИНИТИАМ, 1963.
63. Лясс А. М. Теория и практика применения быстросохнущих смесей с жидким стеклом и методы получения точных отливок с чистой поверхностью. «Литейное производство», 1956. Приложение к № 2.
64. Лясс А. М. Быстротвердеющие формовочные смеси. М., «Машиностроение», 1965.
65. Мариенбах Л. М. Металлургические основы ваграночного процесса. М., Машгиз, 1960.
66. Мариенбах Л. М. Печи в литейном производстве. М., «Машиностроение», 1964.
67. Методика расчета экономической эффективности новой техники в машиностроении. М., «Машиностроение», 1967.
68. Методика расчета экономической эффективности новой техники, технологии и организации производства в литейных цехах. ЦБТИ, Л., 1963.
69. Науман Ф. Экономические проблемы литейного производства в ГДР. «Литейное производство», 1957, № 2.
70. Нехендзи Ю. А. Стальное литье. М., Металлургиздат, 1948.
71. Нехендзи Ю. А. Пути снижения себестоимости в литейном производстве. В сб. «Повышение производительности труда в литейном производстве». М., Машгиз, 1965.
72. Нехендзи Ю. А. Современные достижения литейного производства. В сб. «Современные достижения литейного производства». М., Машгиз, 1960.
73. Нехендзи Ю. А. О литейном производстве в СССР. Л., ЛДНТП, 1961.
74. Нехендзи Ю. А. О производстве, структуре и потреблении литья в СССР и за рубежом. Л., ЛДНТП, 1966.
75. Онуфриев И. А. Усовершенствование технологического процесса производства станочного литья. «Литейное производство», 1959, № 2.



76. Особенности и факторы размещения отраслей народного хозяйства СССР. Изд-во АН СССР, 1960.
77. Основные пути прогресса литейного производства. «Литейное производство», 1957, № 11.
78. Орлов П. А. Планирование специализации и кооперирования в промышленности. Госполитиздат, 1958.
79. Палтерович Д. М. Методические вопросы международных экономических сравнений по отраслям машиностроения. ВНИИММАШ, 1965.
80. Петухов Р. М. О показателях специализации в промышленности. «Вестник статистики», 1959, № 2.
81. Полоник А. И. Точные стальные отливки, «Литейное производство», 1956. Приложение к № 2.
82. Поляков Я. Г. Литейное производство за рубежом. М., Машгиз, 1958.
83. Преображенский Ю. А. и Ефимов И. Р. Цех литья по выплавляемым моделям. «Литейное производство», 1961, № 1.
84. Притыкин А. П., Протасов А. Г. и Израилевич И. И. К вопросу автоматизации формовочных работ. «Литейное производство», 1957, № 3.
85. Раппопорт Ю. О. Пневмотранспорт формовочных смесей на заводе «Ильмарине», Таллин, ЦБТИ, 1960.
86. Ришэ Р. П. Особенности проектирования механизированных и автоматизированных литейных цехов. Л., ЛДНТП, 1966.
87. Рубцов Н. Н. Технология литейного производства. Специальные виды литья. М., Машгиз, 1955.
88. Рыбальченко Н. А. Проектирование литейных цехов. Харьков, изд. Харьковского ун-та, 1965.
89. Рыжиков А. А. Технологические основы литейного производства. М., Машгиз, 1962.
90. Сахаров Г. М. и Шестопап В. М. Унификация основных параметров зданий литейных цехов. «Литейное производство», 1956, № 5.
91. Свердлов В. И. Механизация литейного производства на ленинградских заводах. В сб. «Механизация и автоматизация литейного производства». Л., Лениздат, 1957.
92. Свириденко П. И. Специализация литейного и кузнечно-штамповочного производства. «Плановое хозяйство», 1961, № 1.
93. Скапенкер Ю. Н. и др. Сетевое планирование в проектировании литейных цехов и заводов. «Литейное производство», 1967, № 2.
94. Спасский А. Г. Теоретические основы литейного производства. М., Машгиз, 1952.
95. СССР в цифрах. М., «Статистика», 1965.
96. Статистические данные по литью под давлением в США. Экспресс-информация ВИНТИ. «Литейное производство», 1961, № 5.
97. Струков Н. А. Механизация и автоматизация литейных цехов крупносерийного и массового производства. «Литейное производство», 1960, № 11.
98. Супар Ж. Металлургическая вагранка МВС. «Литейное производство», 1960, № 5.
99. Фанталов Л. И. Основы проектирования литейных цехов. М., Машгиз, 1953.
100. Филь Е. В. Экономическое обоснование выбора типа формовочных машин. «Литейное производство», 1962, № 7.
101. Хенкин М. Л. и Потоцкий В. С. Механизация технологических процессов точного литья по выплавляемым моделям. Л., Судпромгиз, 1956.
102. Целуйко И. И., Лившиц В. М. и Волынцев Н. А. Экономичность производства отливок по выплавляемым моделям. «Литейное производство», 1967, № 3.
103. Четверухин С. И., Юзвук А. А. и Леонов С. Я. Механизация погрузочно-разгрузочных работ на складах формовочных и шихтовых материалов. М., изд. ЦБТИ МГСНХ, 1958.

104. Технологические основы автоматизации литейных процессов. М., «Наука», 1967.

105. Чуняев М. В. Исследование режимов уплотнения земли литейных форм на машинах. М., Машгиз, 1950.

106. Шевлягин А. К. Транспортные устройства механизированных литейных цехов. М., Машгиз, 1950.

107. Шевлягин А. К. О конвейерных устройствах для механизации транспорта в литейных цехах. В сб. «Пути технического развития подъемно-транспортного машиностроения». М., Машгиз, 1961 (НТО Машпрома).

108. Шенкер Б. Я., Фишкин Е. Л. и Пономарев А. И. Модельная оснастка в мелкосерийном производстве. «Литейное производство», 1966, № 2.

109. Шестопал В. М. Современные направления в производстве чугунолитейных изделий. М., Машгиз, 1946.

110. Шестопал В. М. Технологические основы внедрения потока в производство серийного литейного производства. Энциклопедический справочник «Машиностроение», т. V, М., Машгиз, 1947.

111. Шестопал В. М. Литье в станкостроении. М., Машгиз, 1949.

112. Шестопал В. М. Задачи и пути комплексной механизации в литейных цехах. В сб. «Комплексная механизация производственных процессов в машиностроении». Вып. 1. М., Машгиз, 1950 (МОНИТОМАШ).

113. Шестопал В. М. Основные направления нормализации и унификации оснастки литейных цехов. В сб. «Нормализация технологической оснастки в машиностроении». М., Машгиз, 1953 (МДНТП).

114. Шестопал В. М. и Рыхлецкий И. З. Типовые проекты литейных цехов. «Строительство», 1954, № 4.

115. Шестопал В. М. О точности расчета литейных форм. В сб. «Технология литейной формы», М. Машгиз, 1954 (ВНИТОЛ).

116. Шестопал В. М. Пневматическая транспортировка формовочных материалов за рубежом. «Литейное производство», 1955, № 12.

117. Шестопал В. М. Выбор способа изготовления литых заготовок. В сб. «Вопросы повышения производительности труда в машиностроении». М., Машгиз, 1957.

118. Шестопал В. М. Технические решения проектов литейных заводов. «Литейное производство», 1957. Специальное приложение.

119. Шестопал В. М. Специализация литейного производства. «Литейное производство», 1959, № 2.

120. Шестопал В. М. Сушка в пневмопотоке. «Литейное производство», 1959, № 5.

121. Шестопал В. М. К вопросу о сравнительной экономичности литых и сварных конструкций. «Литейное производство», 1959, № 9.

122. Шестопал В. М. Новая техника в проектах литейных цехов и заводов. В сб. «Современные достижения в литейном производстве» Л., Машгиз, 1960 (ЛПИ им. М. И. Калинина).

123. Шестопал В. М. Объемно-планировочное проектирование литейных цехов. «Литейное производство», 1960, № 3.

124. Шестопал В. М. Унифицированный ряд литейных цехов и заводов. «Литейное производство», 1960, № 11.

125. Шестопал В. М. Задачи специализации литейного производства. В сб. «Основные задачи литейного производства». М., Машгиз, 1963.

126. Шестопал В. М. Тенденции развития литейного производства в капиталистических странах. «Литейное производство», 1965, № 6.

127. Шестопал В. М. и Поляков Я. Г. Технология и оборудование литейного производства. М., изд. ВИНТИ, 1969.

128. Шестопал В. М. и Должанский Е. Н. Технологические предпосылки комплексной механизации и автоматизации разнотипного литейного производства. «Литейное производство», 1966, № 12.

129. Шестопал В. М. и Плакхин А. С. Проектно-технологические решения литейных цехов как фактор снижения загрязненности воздушной среды.

130. Шестопа л В. И. и Косякин И. С. Развитие специализации и комплексная механизация и автоматизация литейного производства. М., изд. НТО Машпрома, 1966.

131. Шестопа л В. М. Технические и экономические основы специализации и проектирования литейных цехов и заводов. 31-й Международный конгресс литейщиков. М., «Машиностроение», 1967.

132. Шлефрин В. И., Емеличева В. А. и Клебанов И. С. Математические методы выбора производственных мощностей и размещения литейных заводов. «Литейное производство», 1967, № 2.

133. American automobile engine trends. «Foundry Trade Journal», 1961, N 2307.

134. Another record predicted for 1966 casting shipment. «Foundry», 1966, 1., 1968, 1.

135. Austrian foundry industry «Foundry Trade Journal», 1961, N 2314.

136. Avery Foundry. «Foundry», 1956, N 3.

137. Barlow E. Steel Foundries Society of America. «Foundry», 1966, 1.

138. Belov V. S., Chetveruchin S. I., Knorre B. V., Sakharov G. M. New regional foundry plants in USSR. 32 International foundry congress, 1965.

139. Bliston Foundries new bath plant. «Foundry Trade Journal», 1958, N 2168.

140. Bohumir V. Devitkova linka s piskometem a abracekom k vyrok slevarenskych forem v CKD Blansko. «Metallurgica rocenko», 1958.

141. Borch Einar A. Operation boot strap results in foundry modernisation. «Foundry», 1965, 1.

142. Braidwood N. W. Past, present and future of S. G. iron. «Foundry Trade Journal», 1964, 2465.

143. Bremer Edwin. New ingot mold foundry. «Foundry», 1955, N 3.

144. Briggs C. W., Dreher G. K. The steel founders society of America. «Modern Castings», 1959, N 3.

145. Brown Boveri preheating. A new concept for induction melting. «Foundry», 1966, 5.

146. Buderuss Giesserei. «Giesserei», 1956, N 21.

147. «Canadian Metalworking», 1958, N 11.

148. Casting producers step up spending for plants and equipment. «Foundry», 1964, 4.

149. Chambersburg foundry. «Foundry», 1956, N 10.

150. Chate llus A. Les machines a mouler a membrane soupl. «Fonderia», 1963, 210.

151. Conveyorized die castings Jale foundry. «Metal industry», 1958, N 7.

152. Cooler reduces shakeout sand temperature. «Foundry», 1959, N 2.

153. Design away from castiron. «Precision Metal moldings», 1962, 9.

154. Detering K. Wirtschaftlichkeit betrachtung bei der Amstellung auf Druckguss aus Nichteisenmetallen. «Giesserei», 1963, 9.

155. Die Giesserei Industrie im Jahre 1960. «Giesserei», 1961, N 11.

156. Dostal Karel. Vliv koncentrace a specializace slevarenske vyroby na produktivitu prace. «Slevarenstvi» 1965, N 5.

157. Eisermann F. Die neuen Sulzer Giesserei anlagen. «Giesserei», 1958, N 11.

158. Etudes d'installations et d'equi pment en fonderie. «Journal d'informations techniques des industries de la fonderie», 1958, N 99.

159. Farkas Zoltan I. Die Anwendung der mathematischen Methoden bei der Projektierung von Giessereien. Giessereitechnik, 1965, N 11.

160. Farkas I. Zoltan Öntödek üzengazdasagtana. Budapest, 1966.

161. Fellows H. E. How to modernize jobbing foundries for profitability. «Modern Castings», 1963, 3.

162. Ford is pouring aluminum at its hot metal foundry. «Modern Castings», 1959, N 11.
163. 40 leading markets for metalcasters to day. «Modern Castings», 1961, N 5.
164. French foundry production 1964. «Foundry Trade Journal», 1965, 2520.
165. Foundry employs new handling and storage techniques. «Foundry», 1959, N 3.
166. Foundry statistics. «Foundry Trade Journal», 1966, 2584.
167. Future of the iron and steel industry. «Foundry Trade Journal», 1964, 2503.
168. Gessel W. Automatische Formanlage für Ofenguss. «Giesserei», 1958, N 21.
169. «Giesserei», 1962, N 9.
170. Giesserei-technik Taschenbuch 1962. Leipzig, VEB Deutscher Verlag für Grundstoff Industrie, 1961.
171. Grede W. T. Where do we go from now. «Modern castings», 1960, N 6.
172. Gude William G. Foundry technology. «Foundry», 1961, N 5.
173. Haake K. Kühlänge für getrockneten Quarsang. «Giessereitechnik», 1958, N 6.
174. Hengler E. Formwerkzeugherstellung für feinguss Modelle. «Giesserei», 1960, N 12.
175. Herrman R. H. Aluminum die casting and permanent mold foundry. «Foundry», 1959, N 1.
176. Herrman R. H. Automotive molding line. «Foundry», 1959, N 2.
177. Herrman R. H. The new Chrysler foundry. «Foundry», 1966, 10.
178. Holownia O. J. Mechanisation and plant lay out for medium-sized foundries engaged in the production of steel and non-ferrous alloys. 33 International foundry Congress, 1966.
179. Höber Hasso, Schulze M. Gross formmaschinen und ihr Einsatz in mechanisierten Formanlagen. «Giessereitechnik», 1965, 2.
180. How foundry equipment will climb. «Stall», 1959, N 11.
181. How founders plan to improve. «Iron Age», 1960, N 5.
182. How you can cut and costs by designing with steel castings. «Machine Design», 1963, 16.
183. IBF Scottish weekend. «Foundry Trade Journal», 1966, 2585.
184. Inventory of foundry equipment. «Foundry», 1964, 4.
185. Iron castings production in 1960. «Foundry trade Journal», 1961, N 2325.
186. Joint Iron Council «Foundry Trade Journal», 1964, 2502.
187. Kalisher P. R. Die casting will grow if... «Precision Metal molding», 1960, N 9.
188. Kern D. W. Steel castings absorb impact. «Modern Casting», 1963, 5.
189. Kilian W. Der Plan «Neue Technik» zur zwingenden Durchsetzung des wissenschaftlich-technischen Fortschritts in den Giessereien. «Giessereitechnik», 1962, N 5.
190. Klaus H. Wissenschaftliche Grundlagen des strukturwandels. «Giesserei techniki», 1967, N 2.
191. Kuivinen T. O. Can ductile iron do steels job. «Iron. Age», 1963, 26.
192. Large castings made in core molds at Metropolitan Vickers. «Foundry Trade Journal», 1953, N 8—15, 1.
193. Lorenzo G. B. Foundries of the future. «Foundry», 1945, 11.
194. Lower output of iron castings. «Engineering», 1958, N 5, N 9.
195. Maciejka J. Perspektywy odlewnictwa w Polsce. «Gospod. Planowa», 1964, 11.
196. Maniello Nicola. Ia meccanizzazione nelle fonderie per getti non di serie. «Fonderia Italiana», 1957, N 6.
197. Marincek B. Cast iron melting in electric and induction furnaces. «Modern Casting», 1962, 6.
198. Mario O. L'industria della fonderia in Giappone nella impressioni di in viaggio. «Fonderia», 1960, N 10.
199. Martin M., Garman F. K. Consumption of raw materials in the foundry. «British Cast iron research Ass'n Journal», 1960, N 1.

200. Medek V. Novinky nasij a sovietskej strojarskej technologie. Bratislava, Vydavateľstvo ROH, 1960.
201. Misco precision Foundry. «Foundry», 1957, N 9.
202. Moore P. Ironfounding in 1980. «British Foundryman», 1966, 6.
203. Morison J. H. Planning for volume markets in investment casting. «Foundry Trade Journal», 1964, 2456.
204. Moristori F. Trasporto pneumatico delle terre di formatura e delle sabbie agglomerate per anime. «Fonderia», 1964, 2.
205. Muzao «Tokinosuke. Shell molding applied to a hundred automobile parts. «Modern Castings», 1962, 3.
206. Nass. How to be alive in 1965. «Foundry», 1962, N 4.
207. Nass C. V. Cast metals — a growth industry. «Modern Castings», 1966, 1.
208. New Bullard Foundry. «Foundry», 1956, N 1.
209. New Thames Foundry. «Foundry Trade Journal», 1957, N 2147; 1958, N 2172.
210. Nicholas R. G. The economic of precision castings. «British Foundrymen», 1958, N 11.
211. Osborn J. H., Mardsen T. A., Horton R. F. A modern foundry for the manufacture of small steel castings by new molding technique. «British Foundrymen», 1958, N 2.
212. Outboard marine Corp. «Foundry», 1957, N 9.
213. Paucard A. Solutions particulieres apportees ala construction et aux installations de la Societe Bretonne de Fonderie et de Mecanique filiale de la Regie Nationale des usines Renault. 33 Congress International fonderie, 1966.
214. Person Oile. Erfahrungen mit pneumatischen Sandtransport «Gießerei», 1960, N 3.
215. Plesinger A. M. Rozvoj ceskoslovenskeho slevarenskoho prumyslu po jeho zharodneni. «Slevarenstvi», 1960, N 5.
216. Rezault Hubert. Nouveaux aspects de la fonderie sous pression aux Etats — Unis. «Fonderie», 1959, N 167.
217. Riege W. Das Vermeiden überfüssiger Transporte. «Gießerei», 1958, N 17.
218. Rosenblatt D. N. Advantages of steel castings in modern crawler tractor design. XXI International Foundry congress. Amsterdam, 1964.
219. Rumanian radiator and bath foundries. «Foundry Trade Journal», 1963, 2415.
220. Sauter G. A case study in a heavy foundry. «Journal research and development. British Castiron Research Ass'n», 1955, N 1.
221. Schestopal W. M. Technische Direktiven des sechsten Fünfjahresplanes für Gießereibetriebe. «Freiberger Forschungshefte», 1958, N B24.
222. Schestopal W. M. Die Spezialisierung des Gießereiwesens in der UdSSR. «Freiberger Forschungshefte», 1962, N B66.
223. Scopes F. Future of iron founding industry. «The British Foundrymen», 1959, N 6.
224. Sestopal W. M. Specializace, slevarenstvi v SSSR. «Podnikova organizace», 1960, N 7.
225. Sestopal V. M. Tehnica nova in proiectaria turna toriiloz. «Analele Romino-Sovietice», 1961, N 2.
226. Sharp H. T. Pressure die casting. «British Foundrymen», 1959, N 8.
227. Shestopal V. M. Technical and economic foundations of specialization and designing of foundries. XXXI International Foundry Congress. Amsterdam, 1964.
228. Shore A. T. Pattern flow moulding at Soho and Tamebridge foundries. «British Foundrymen», 1961, N 5.
229. Siepmann H., Pacyna H., Hauptvogel H. M. Der stahlschorlanteil in der Gätierung beim Erschmelzen von Gusseisen im Kupolofen. «Gießerei», 1960, N 22.

230. Sinclair R. How to improve foundry layout. «Modern Castings», 1956, N 12.
231. Sinclair R. B. How to make money in the business. «Modern Castings», 1960, N 11.
232. Singleton Gerry. Industry books again to magnesium. «Precision Metalworking», 1959, N 10.
233. Sitia L. Il trasporto pneumatico nel campo dell'industria fusoria. Fonderia, 1963, 7.
234. Six Danish foundries. «Foundry Trade Journal», 1960, N 15, N 9.
235. Smith D. L. The foundry of tomorrow. «Modern Castings», 1956, N 5.
236. Smith M. M. Modern foundry architecture. «Foundry», 1944, N 11.
237. Steel castings- an industry on the grow. «Modern Castings», 1965, 1.
238. Squire A. H. Standartisation of cores custscostssaves time. «Foundry», 1956, N 5.
239. Sulzer's new foundry. «Foundry Trade Journal», 1960, N 2293.
240. Szestopal W. M. Naukowe podstawy specjalizacji projektowania odlewni. «Przegląd Odlewnictwa», 1965, 12.
241. The coming boom in foundry purchases. «Modern Castings», 1956, N 5.
242. The Foundry of tomorrow is here today. «Modern Castings» 1958, N 5.
243. Thomson R. F. Aluminum automotive castings. «Modern Castings», 1960, N 3.
244. Texler E. G. Pontiac's new molding line. «Foundry», 1957, N 12.
245. Turner H. Production and application of spheroidal graphite iron castings in general engineering firm. «British Foundryman», 1963, 16.
246. United states and Canada have 5879 foundries. «Foundry», 1961, N 8.
247. Varga Terenc. Önteszteti kezikönyv. Budapest, 1964.
248. Verion L. 3 big M's: Modernisation, mechanisation, maintenance. «Modern Castings», 1960, N 4.
249. «Volkswagen» foundry. «Foundry», 1956, 7.
250. Wegener H. How Robert Bosch GmbH planned a die casting foundry. «Foundry», 1963, 6.
251. Woodward R. R., Proffit H. T. An outline of British die casting practice in aluminum alloys. «Britist Foundrymen», 1960, N 6.
252. Zimnowoda H. W. Sand handling by air conwcyors. «Foundry», 1961, N 4.
-

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение . . . . .	3
<b>Глава I. Рост выпуска отливок и изменение его структуры . . . . .</b>	<b>7</b>
1. Рост выпуска отливок . . . . .	7
2. Изменение структуры выпуска отливок . . . . .	20
<b>Глава II. Основные направления и технико-экономическая эффективность специализации литейного производства . . . . .</b>	<b>35</b>
1. Специализация литейного производства и ее основные направления	35
2. Развитие и технико-экономическая эффективность специализации изготовления отливок специальными способами . . . . .	37
3. Развитие и технико-экономическая эффективность специализации производства отливок специальных видов . . . . .	45
4. Развитие и технико-экономическая эффективность специализации производства машиностроительных отливок . . . . .	47
5. Развитие концентрации литейного производства . . . . .	52
6. Критерии экономичности кооперированных поставок отливок . . . . .	67
7. Рост специализированного производства отливок и показатели технико-экономической эффективности специализации . . . . .	71
<b>Глава III. Выбор оптимальных технологических процессов производства отливок . . . . .</b>	<b>83</b>
1. Границы технико-экономической преимущественности литых конструкций . . . . .	83
2. Построение и выбор рода литейной формы . . . . .	90
3. Расчет экономичного варианта технологического процесса . . . . .	99
4. Границы технико-экономической эффективности применения специальных способов литья . . . . .	111
<b>Глава IV. Типовое проектирование литейных цехов . . . . .</b>	<b>130</b>
1. Комплексное типовое проектирование . . . . .	130
2. Типовые оптимальные мощности специализированных литейных цехов	134
3. Метод типового проектирования . . . . .	143
<b>Глава V. Основные положения по проектированию специализированных литейных цехов . . . . .</b>	<b>153</b>
1. Структура и состав специализированных цехов . . . . .	153
2. Выбор и механизация плавильных средств . . . . .	155
3. Механизация процесса изготовления форм . . . . .	165
4. Проектирование стержневых отделений . . . . .	180
5. Механизация процесса транспортировки жидкого металла, заливки, остывания и выбивки форм . . . . .	183
	327

6. Выбор механизированных средств приготовления и транспортирования формовочных материалов . . . . .	187
7. Механизация операций обрубки и очистки отливок . . . . .	195
8. Основные объемно-компоновочные, строительные и санитарно-технические решения проектов . . . . .	200
<b>Глава VI. Проектные решения литейных цехов разных направлений специализации . . . . .</b>	<b>216</b>
1. Специализированные литейные цехи специальных способов литья	216
2. Специализированные литейные цехи для изготовления отливок специальных видов . . . . .	237
3. Специализированные литейные цехи с крупносерийным характером производства . . . . .	246
4. Специализированные литейные цехи с мелкосерийным характером производства . . . . .	263
5. Специализированные литейные цехи с единичным характером производства . . . . .	282
<b>Глава VII. Проектирование специализированных литейных заводов . . . . .</b>	<b>288</b>
1. Направления специализации литейных заводов . . . . .	288
2. Границы сравнительной экономичности литейных заводов . . . . .	290
3. Типизация литейных заводов . . . . .	293
4. Основные положения по проектированию литейных заводов . . . . .	296
5. Проектные решения литейных заводов разных направлений специализации . . . . .	299
Заключение . . . . .	316
Литература . . . . .	318

Ш е с т о п а л   В и к т о р   М и х а и л о в и ч  
**СПЕЦИАЛИЗАЦИЯ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ  
ЛИТЕЙНЫХ ЦЕХОВ И ЗАВОДОВ**

Редактор издательства *Л. И. Загорская*  
Корректор *А. П. Озерова*

Технический редактор *В. Д. Элькин*  
Переплет художника *Е. В. Бекетова*

Сдано в производство 17/X 1968 г.      Подписано к печати 30/VI 1969 г.      Т-03925  
Тираж 6500 экз.    Печ. л. 20,5.    Бум. л. 10,25.    Уч.-изд. л. 22,0.    Формат 60 × 90/16  
Цена 1 р. 62 к.      Зак. № 2297

Издательство «МАШИНОСТРОЕНИЕ», Москва, Б-66, Басманный пер., 3.

Ленинградская типография № 6 Главполиграфпрома  
Комитета по печати при Совете Министров СССР  
Ленинград, ул., Моисеенко, 10