

ПРОЕКТИРОВАНИЕ МУКОМОЛЬНЫХ И КРУПЯНЫХ ЗАВОДОВ

Я. Ф. МАРТЫНЕНКО, О. Н. ЧЕБОТАРЕВ

# ПРОЕКТИРОВАНИЕ МУКОМОЛЬНЫХ И КРУПЯНЫХ ЗАВОДОВ С ОСНОВАМИ САПР



664.7  
М-29

УЧЕБНИКИ И УЧЕБНЫЕ ПОСОБИЯ ДЛЯ СТУДЕНТОВ  
ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

Я. Ф. МАРТЫНЕНКО, О. Н. ЧЕБОТАРЕВ

# ПРОЕКТИРОВАНИЕ МУКОМОЛЬНЫХ И КРУПЯНЫХ ЗАВОДОВ С ОСНОВАМИ САПР

Допущено Государственным комитетом СССР по народному образованию в качестве учебного пособия для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности «Технология хранения и переработки зерна»



МОСКВА ВО «АГРОПРОМИЗДАТ» 1992

Б-к ТНТ и ЛН  
БИБЛИОТЕКА  
№ 41819

664.7  
М-29 у 1819  
Мартыненко

Проектирование  
мукомольных и крупяных  
заводов

с. 120

ПК 1111  
АГРОПРОМ

лявой  
взро-  
тем,  
выбор  
как  
огрес-  
может  
едств  
гомя-  
боты  
аная  
ини-  
гомя-  
роиз-  
  
зует  
тех-  
рабо-  
живо  
олу-  
дов  
ере-  
ния  
про-  
  
для  
кел-  
вос-  
ков.  
лен-  
ий  
ют  
пе-  
ек-  
маз  
ра-  
ед-  
со-  
  
3

ББК 36.82

М 29

УДК 664.7+69.059.7.001.63 (075.8)

Редактор *А. В. Никитина*

**Рецензенты:**

МТИПП, кафедра технологии переработки зерна (доктор техн. наук, профессор *Г. А. Егоров*), ЦИИПромзернопроект — инженер *Б. В. Касьянов*

**Мартыненко Я. Ф., Чеботарев О. Н.**

**М 29** Проектирование мукомольных и крупяных заводов с основами САПР. — М.: Агропромиздат, 1992. — 240 с.: ил. — (Учебники и учеб. пособия для студентов высш. учебных заведений).

ISBN 5—10—000539—4

Рассмотрены этапы проектирования технологического процесса и материального баланса мукомольного и крупяного заводов, основанные на использовании систем автоматизированного проектирования (САПР). Приведены основы расчета и подбора оборудования, определения размеров здания. Даны общие положения проектирования вспомогательных

для студентов по специальности «Технология хранения и переработка зерна».

3707040000—013  
035(01)—92 284—91

ББК 36 82

ISBN 5—10—000539—4 © Я. Ф. Мартыненко, О. Н. Чеботарев, 1992

## ВВЕДЕНИЕ

Важным условием технического перевооружения мукомольной и крупяной промышленности является оптимизация проектирования. Она должна базироваться на основе новейших достижений науки, техники и технологии с тем, чтобы вводимые предприятия были технически передовыми. Поэтому выбор проектного решения должен опираться на анализ данных, отражающих как опыт эксплуатации мукомольных и крупяных заводов, так и наиболее прогрессивные разработки отечественной и зарубежной науки. Такой анализ может быть осуществлен успешно только с использованием современных средств проектирования. Одним из таких средств является САПР — система автоматизированного проектирования. САПР должна обобщать имеющиеся работы по проектированию, показывать лучшие варианты компоновки оборудования производственных и подсобных сооружений и генеральных планов и сравнивать их между собой для выбора наиболее рационального решения, автоматизировать выбор строительных конструкций предприятий и подсобно-производственных цехов и помещений.

Методология проектирования современных объектов и систем использует методы физического и математического моделирования, вычислительную технику, информационную теорию связи, методы исследования операций с набором ветвей прикладной математики. Если задачу проектирования можно сформулировать в математических символах, ее решение может быть получено автоматически на ЭВМ. Широкое применение математических методов и вычислительных машин при проектировании вызвано необходимостью перевода технических задач в математическую форму. В основу проектирования предприятий по переработке зерна положено требование технологического процесса.

Технологическая часть проекта является ведущей и определяющей для остальных его частей. Нерациональное размещение оборудования технологического процесса приведет к необходимости дополнительного устройства транспортных механизмов, к усложнению коммуникаций материальных потоков, к дополнительному расходу электроэнергии, увеличению строительных объектов. Основными показателями, влияющими на выбор технологических решений в подготовительном и перерабатывающем отделениях мукомольных и крупяных заводов, являются вид перерабатываемого зерна, тип помола, ассортимент и качество готовой продукции, качество зерна, производительность предприятия, а также тип транспорта. Эти показатели необходимо учитывать при технико-экономическом обосновании проекта, а также при принятии основных проектных решений.

В книге даны основы проектирования, этапы и последовательность разработки проектов, технологические решения реконструкции действующих предприятий. Основные положения общесоюзных отраслевых норм и правил изло-

жены в соответствии с последовательностью проектирования. В книге приведены способы и методы расчетов, которые необходимы при проектировании технологической части мукомольных и крупяных заводов.

Курсовое проектирование — это завершающий этап специального теоретического обучения, который готовит студентов к работе над дипломными проектами. Задача курсового проектирования заключается в том, чтобы закрепить и систематизировать знания по общетехническим и специальным предметам, научить самостоятельно работать и практически применять теоретические знания при решении конкретных вопросов, связанных с совершенствованием производственных процессов мукомольных и крупяных заводов.

Курсовой проект должен содержать предложения по совершенствованию техники и технологии, организации труда и комплексной системе управления качеством продукции. В работе над курсовым проектом студент должен использовать основные учебники и учебные пособия, справочную литературу, инструктивные материалы, книги, брошюры по передовому опыту и т. д.

В дипломный проект рекомендуется включать экономические исследования отдельных вопросов. К дипломным относятся проекты строительства новых предприятий, цехов, участков, линий, а также проекты реконструкции или расширения этих объектов. Во введении к пояснительной записке дипломного проекта необходимо изложить назначение темы, обосновать ее актуальность, установить степень новизны и конкретную привязку.

Лучшими методами дипломных разработок является комплексное и системное проектирование. В первом случае выпускающая кафедра разрабатывает сложный объект для нескольких дипломников, во втором — в проектировании участвуют студенты разных выпускающих кафедр. В таких проектах в пояснительной записке выделяют общие цели всего коллектива и индивидуальные задачи данного проекта. Приводят сетевой график для всех участков и его «сшивку».

В пояснительных записках должна быть глава, посвященная вопросам организации производства. Дипломник выбирает, а консультант утверждает следующие темы: организация и планирование комплексной подготовки производства; научная организация труда и его планирование; организация технологической подготовки производства; планирование внедрения прогрессивной технологии.

Тема организационной части проекта разрабатывается на материалах дипломного проекта. Пояснительная записка к этой части должна содержать: краткую характеристику вопроса и метода его решения; расчет норм и показателей по теме: описание основных учетных и плановых документов, порядка их заполнения; определение количества обслуживающего персонала; предложения дипломника по улучшению организации и планирования производства; разработку информационного обеспечения для АСУП; составление алгоритма решения задачи, ее программу с отладкой на ЭВМ; определение вероятной экономии вследствие совершенствования организации производства по предложениям дипломника.

Авторы выражают искреннюю благодарность рецензентам, докт. техн. наук профессору Г. А. Егорову, инж. Б. В. Касьянову за ценные замечания при подготовке рукописи.

## ОБЩИЕ ВОПРОСЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

### 5 1. РАЗРАБОТКА ТЕХНИЧЕСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ

Проектирование промышленных предприятий должно быть организовано на основе максимального использования новейших достижений науки и техники так, чтобы ко времени ввода в действие строящиеся и реконструируемые предприятия были технически передовыми и имели высокие показатели по производительности труда, себестоимости и по качеству выпускаемой продукции, а по условиям труда отвечали бы современным требованиям.

В проектах должны быть обеспечены оптимальные решения транспортных потоков и максимально использованы производственные площади и территории. Проектировать новые предприятия надо без излишеств, но с учетом требований технической эстетики и улучшения условий труда и техники безопасности. В процессе проектирования обеспечивают возможность применения наиболее прогрессивных методов организации и технологии производства строительных работ.

При проектировании необходимо руководствоваться инструкцией по разработке проекта и смет для промышленного строительства, а при составлении типовых проектов — инструкций по типовому проектированию для промышленного строительства.

Основным законодательным документом являются «Строительные нормы и правила» (СНиП). СНиП — это сборник общесоюзных нормативных документов по проектированию и организации строительного производства.

СНиП состоит из четырех частей: строительные материалы, изделия, конструкции и оборудование;

- нормы строительного проектирования;
- организация и технология строительного производства;
- сметные нормы.

Существуют также нормы технологического проектирования мукомольных и крупяных заводов, элеваторов, складов для безтарного хранения муки, противопожарные нормы, по проекти-

рованию аспирации, пневматического и аэрозольного транспорта. Промышленные предприятия строят по заранее выполненным и утвержденным проектам и сметам, разработанным проектными организациями. Генеральной проектной организацией является та, которая разрабатывает технологическую часть проекта. Решение о проектировании и строительстве предприятия принимают исходя из перспективных планов развития и размещения отрасли. Перед проектированием заказчик проекта совместно с проектной организацией разрабатывает задание на проектирование.

## § 2. ЗАДАНИЕ НА ПРОЕКТИРОВАНИЕ

Исходным положением для разработки проекта мукомольного и крупяного заводов служит обследование места строительства, определяющее производительность, ассортимент вырабатываемой продукции, виды и количество сырья, источники снабжения сырьем, водой, топливом, газом и электроэнергией, районы потребления готовой продукции и др. На основании этих данных разрабатывают принципиальную схему технологического процесса.

Схема технологического процесса производства муки (крупы) — это графическое изображение размещения машин и механизмов, осуществляющих операции подготовки сырья, размола (шлифования), контроля и формирования сортов продукции. Однако принципиальная схема не отражает полностью числа транспортных механизмов и их протяженности, так как это зависит от расположения технологического оборудования в здании завода и определяется в процессе проектирования. Проектом предусматривается минимальное количество транспортных механизмов, рациональное расположение бункеров и технологического оборудования в здании завода. Показателем эффективности работы технологического оборудования является коэффициент его использования.

Задание на проектирование имеет целью выявить техническую возможность и экономическую целесообразность предполагаемого строительства в данном месте и в намечаемые сроки, а также обосновать правильный выбор площадки для строительства, источников снабжения его основным сырьем, водой и энергией.

В задании на проектирование даются краткая характеристика проектируемого предприятия, требования, предъявляемые к нему. При составлении задания на проектирование должны быть приведены экономические и технические изыскания и обследования, обеспечивающие получение необходимых для проектирования данных. Экономическое обоснование должно быть

увязано с перспективным планом развития мукомольно-крупяной промышленности и сельского хозяйства области (края), в котором намечено строительство. Для правильного обоснования проекта должны быть использованы материалы, обобщающие опыт строительства и эксплуатации, а также научные и официальные ведомственные материалы по данному вопросу.

Задание на проектирование является документом, на основании которого проектная организация приступает к разработке проекта. Это задание составляет заказчик проекта при непосредственном участии проектной организации.

Задание на проектирование промышленного предприятия должно содержать следующие данные:

- основание для проектирования;
- сроки начала и окончания строительства;
- особые условия строительства (сейсмичность, группа посадочности грунтов, вечная мерзлота);
- стадийность проектирования;
- разработку проектных решений в нескольких вариантах и на конкурсной основе;
- решения по монументально-декоративному оформлению предприятий, зданий и сооружений;
- состав демонстрационных материалов;
- наименование проектной организации — генерального проектировщика;
- наименование генеральной подрядной строительной организации;
- выделение пусковых комплексов;
- основные технико-экономические показатели;
- требования по проектированию объектов жилищно-гражданского назначения;
- требования по внедрению новой техники и передового опыта, показатели эффективности капитальных вложений, снижения материалоемкости и трудоемкости строительства и роста производительности труда; долю применения прогрессивных видов строительного-монтажных работ;
- требования по ассимиляции производства и разработке защитных сооружений;
- требования по выполнению научно-исследовательских и опытно-экспериментальных работ при проектировании (строительстве);
- требования по разработке проекта с применением узлового метода строительства и комплектно-блочного монтажа оборудования и других передовых методов организации строительства.

Вместе с утвержденным заданием на проектирование нового строительства заказчик выдает проектной организации:

утвержденный акт о выборе площадки (трассы) для строительства с материалами согласования намечаемых решений; архитектурно-планировочное задание, составленное в установленном порядке;

сведения о существующей застройке, подземных и наземных сооружениях и коммуникациях и их техническом состоянии;

технические условия на присоединение проектируемого предприятия, здания или сооружения к источникам снабжения, инженерным сетям и коммуникациям;

материалы по ранее проводимым инженерным изысканиям; исходные данные для разработки решений по организации строительства и составления сметной документации;

данные технических проектов на машины и оборудование с длительным циклом разработки, конструирования и изготовления;

материалы инвентаризации, оценочные акты и решения исполкома местного Совета народных депутатов о сносе и характере компенсации за сносимые здания и сооружения;

необходимые для проектирования материалы: по виду выделяемого топлива, по месторождению сырья и полузаводским его испытаниям, по номенклатуре продукции, производственной и расчетной программам, чертежи и технические характеристики продукции предприятия; сведения об импортном оборудовании; необходимые данные по выполненным научно-исследовательским работам, связанным с созданием новых технологических процессов и оборудования; данные по инвентаризации существующих на предприятии источников загрязнения атмосферы с их характеристиками: материалы, полученные от организаций государственного надзора, о состоянии водоемов, атмосферного воздуха и почвы; обмерочные чертежи существующих на участке строительства зданий, сооружений, подземных и наземных коммуникаций и др.

При проектировании расширения, реконструкции и технического перевооружения действующего предприятия, здания и сооружения заказчик выдает также проектной организации:

данные о результатах аттестации и рационализации рабочих мест на предприятии;

законченное и материалы, выполненные по результатам обследования действующих производств, конструкций зданий и сооружений;

технологические планировки действующих производств (цехов), участков со спецификацией оборудования и сведениями о его состоянии, а также другие материалы, необходимые для проектирования;

условия на размещение инвентарных временных зданий и сооружений, подъемно-транспортных средств предприятия, ко-

торые могут быть использованы в процессе производства строительно-монтажных работ подрядными строительно-монтажными организациями.

### § 3. СТАДИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Проектировать предприятие можно в две стадии, которые включают проект и рабочую документацию (РД), или в одну стадию — рабочий проект (РП), проект, совмещенный с рабочими документами. Проект, составляемый на основе утвержденного задания на проектирование, является документом, в котором решаются основные технические вопросы, выявляются технико-экономические показатели проектируемого предприятия и определяется его стоимость.

Проектирование предприятия начинают с разработки и определения состава сооружений, а также возможности использования типовых проектов. Затем составляют генеральный план и после его уточнения разрабатывают проекты вертикальной планировки территории, железнодорожных путей, автомобильных дорог и благоустройства территории. Одновременно разрабатывают технологическую часть проекта и определяют места для размещения оборудования. Затем решают вопросы теплоснабжения, сантехники, автоматизации и энергоснабжения.

Строительную часть проектируют после уточнения размеров сооружений, нагрузок на строительные конструкции. Завершающие этапы проектирования: разработка смет, проект организации строительства и технико-экономические показатели проекта.

Проект предприятия включает: общую пояснительную записку; технико-экономическую часть; генеральный план и транспорт; технологическую часть; отопление, вентиляцию, производственное теплоснабжение и горячее водоснабжение; водоснабжение и канализацию; электротехническую часть и автоматизацию; строительную часть; управление производством; организацию строительства; охрану окружающей среды; жилищно-гражданское строительство; сметную часть; паспорт проекта.

После утверждения проекта разрабатывают рабочую документацию в объеме, необходимом для выполнения строительных и монтажных работ. Рабочие документы не подлежат утверждению и передаются на строительство для производства работ. К рабочей документации относят планы и разрезы производственных зданий, чертежи по монтажу оборудования, аспирационных и пневматических воздуховодов, отопительных систем, энергоснабжения, связи, сметную документацию, ведомости объемов строительных и монтажных работ.

При проектировании зданий и сооружений необходимо ориентироваться на данные по глубине заложения, конструкция фундаментов и устройств подземных сооружений. В необходимых случаях находят дополнительные конструктивные варианты, связанные с неблагоприятными геологическими и гидрогеологическими условиями площадки.

По материалам изысканий уточняют толщину наружных стен или утепляющего слоя, проверяют соответствие несущих покрытий снеговому и ветровым нагрузкам в районе строительства. При разработке генерального плана по розе ветров уточняют размещение сооружений на площадке строительства.

Следует особо отметить большое значение типизации и стандартизации в проектировании промышленных предприятий. Применение типовых проектов ускоряет процесс проектирования и строительства, сводя проектные работы к «привязке» типового проекта к конкретным условиям данного пункта строительства, что позволяет без значительных дополнительных затрат приспособлять их к новой технологии. Тщательно разработанный типовый проект, проверяемый в условиях строительства и эксплуатации, позволяет избежать ошибок и неудач при повторном его применении.

#### § 4. СОСТАВЛЕНИЕ СМЕТНОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ

Смету составляют при разработке РП в составе проекта при двустадийном проектировании. Она является основным и неизменным документом на весь период строительства. В сметную документацию входят: сводный сметный расчет (форма № 1) — определяют общую стоимость предприятия, здания или сооружения; сводка затрат (форма № 2) — рассчитывают стоимость строительства зданий и сооружений, входящих в комплекс проектируемого предприятия; объектные сметы (форма № 3) — находят стоимость отдельных видов строительных специальных работ или сооружений; локальные сметы (формы № 4, 5, 6) — определяют размер затрат на приобретение оборудования для каждого объекта и стоимость работ по его монтажу; единичные расценки и каталог единичных расценок на отдельные виды работ, отсутствующие в сборниках единичных районных расценок; ведомость сметной стоимости строительства объектов, входящих в пусковой комплекс (форма № 7); ведомость сметной стоимости объектов и работ по охране окружающей среды (форма № 8); ведомость сметной стоимости товарной строительной продукции (форма № 9). В эту ведомость включаются итоговые данные объектных и локальных смет, предназначенных для расчетов за выполнение работы.

#### § 5. ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ СТРОИТЕЛЬСТВА

Правильному выбору места строительства предприятия предшествует большая подготовительная работа, связанная с установлением технической возможности и экономической целесообразности строительства в намеченном пункте. Эта работа называется технико-экономическим обоснованием строительства (ТЭО). В ТЭО должны быть приведены расчеты производительности оборудования, ассортимент продукции мукомольного (крупяного) завода, вместимость хранилищ для сырья, готовой продукции, сведения о необходимых капиталовложениях, экономической эффективности и сроках осуществления строительства.

В технико-экономическом обосновании должны быть отражены следующие вопросы: общая характеристика области и района строительства; потребность в муке (крупе) области (края) и пункта строительства; характеристика мукомольной (крупяной) промышленности области (края); баланс производства и потребления муки (крупы); характеристика зернового производства и возможности покрытия потребности в зерне; данные для расчета необходимой вместимости элеватора и складов; технико-экономическая оценка площадки строительства.

Экономическая характеристика области (края) должна дать общее представление о направлении развития экономики, выявить районы экономического тяготения внутри области, определить перспективу роста населения. В экономической характеристике района строительства необходимо указать существующие и намечаемые пути сообщения, привести данные о направлении хлебных потоков и дать характеристику транспорта области (края). Особо важно определить зоны в экономическом и административном отношениях, тяготеющие к пункту намечаемого строительства.

Потребности в муке (крупе) области (края) и пункта строительства определяют, выявляя основные центры потребления и тяготеющие к этим центрам районы, изучая материалы по организации снабжения области (края) мукой (крупой). Объем потребления устанавливают по имеющимся нормативам. При этом учитывают потребность в отдельных сортах хлебопекарной муки (видах крупы), потребность в муке для макаронной и кондитерской промышленности.

Характеристику мукомольно-крупяной промышленности области (края) дают на основе ознакомления с данными о работе предприятий государственного и сельскохозяйственного (кооперативного) подчинения и изучения условий дальнейшей работы этих предприятий и перспективы их развития. При этом учи-

тывают возможность и целесообразность реконструкции действующих предприятий, сравнивая необходимые для этого капитальные вложения с затратами на новое строительство. Изучение состояния мукомольно-крупяной промышленности может привести к решению об изменении вида помола или перевода с одного сорта на другой с учетом обеспечения потребности населения всеми сортами муки.

Баланс производства и потребления муки (крупы) в области (крае) составляют на основе полученных данных о потребности в муке (крупе) и фактической производительности действующих предприятий. При этом учитывают вывоз муки (крупы) за пределы области (края) и возможный завоз их из других районов. Расчетные данные составляют в целом по области (краю), по намеченным зонам области (края) и пункту строительства.

Определение требуемой вместимости элеватора и мощности его приемно-отпускных устройств производят на основе операций, которые будет осуществлять элеватор при проектируемом мукомольно-крупяном предприятии. Потребность в складах для муки и отрубей (мучки) устанавливают в зависимости от объема и радиуса потребления. При потреблении всей продукции на месте складскую вместимость рассчитывают на хранение десятисуточного запаса продукции. При отгрузке продукции по железной дороге вместимость складов рассчитывают на хранение двухнедельного запаса. При использовании водного транспорта при расчетах учитывают период навигации.

Оценку площадки проектируемого предприятия дают для установления экономической целесообразности строительства на определенном участке на основе выводов экономического обоснования, данных по отбору площадки и предварительных изысканий (при сравнении двух или нескольких площадок). При этом учитывают затраты на снос строений, планировку, устройство подъездных путей, получение воды и энергии. При сравнении площадок определяют возможность использования культурных и бытовых учреждений: школ, клубов, больниц, торговых учреждений и т. п., что влияет на стоимость строительства. Большое значение при оценке площадок имеют удлинение транспортных коммуникаций, стоимость электроэнергии, воды и т. п.

Производительность (т/сут) проектируемого мукомольного завода может быть определена из выражения

$$Q_{\text{м}} = \frac{100(K_1 + B - K_2)}{b_1 z}$$

где  $K_1$  — годовая потребность в муке, т;  $K_2$  — годовая выработка муки на действующих предприятиях, т;  $B$  — намечаемый вывоз муки, т;  $b_1$  — число рабочих дней в году;  $z$  — выход муки, %.

Суточную производительность (т/сут) крупяного завода определяют по формуле

$$Q_{\text{кр}} = \frac{K_3 - K_4}{b_1}$$

где  $K_3$  — количество зерна крупяной культуры, т;  $K_4$  — количество зерна этой культуры, перерабатываемой на действующих предприятиях, т.

Наряду с изучением чисто экономических категорий в ТЭО освещаются также следующие вопросы: наличие местных строительных материалов, климатические условия, наличие рабочей силы, кооперирование с другими организациями.

Мукомольные заводы целесообразно строить в тех местах, где будет использовано максимальное количество вырабатываемой продукции. Такими потребителями являются крупные промышленные центры и регионы. При размещении вновь строящихся крупяных заводов учитывают, что потребление крупы составляет 10% потребления муки. При определении оптимальной производственной мощности предприятия, по полученным данным ТЭО, необходимо исходить из требований наиболее эффективного использования оборудования.

Для мукомольных и крупяных заводов принята параметрический ряд производительности технологических линий: 2,5; 5 и 10 т/ч. На его основе определяют суточную производительность завода сортового помола пшеницы и ржи: 60, 120, 240 т/сут, а при более высокой производительности применяют параллельно расположенные секции в одном здании. По отдельным крупяным культурам принята оптимальная производительность (т/сут):

Гречиха, просо	100, 150, 200
Рис	120, 180, 240, 300
Ячмень, горох, пшеница	120
Кукуруза	100, 150

Крупяные заводы целесообразно строить в местах производства крупяного сырья. Продукцию мукомольных заводов следует перевозить на самые короткие расстояния с минимальным количеством грузовых операций. При выборе производительности ориентируются на ближайший больший по мощности типовой проект мукомольного (крупяного) завода.

ЦНИИпромзернопроект разработал оптимальные производственные мощности мукомольных (крупяных) заводов, при строительстве которых уменьшаются капитальные затраты и сокращаются транспортные расходы.

После оформления материалов по ТЭО определяют ориентировочную стоимость строительства объекта по укрупненным

показателям, а также составляю график строительства отдельных производственных цехов, зданий и сооружений.

Весьма перспективным является комбинирование на одной территории: элеватора, мукомольного и крупяного заводов, хлебозавода, макаронной фабрики, комбикормового завода, маслоэкстракционного завода.

## § 6. ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРОЕКТИРУЕМЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Технико-экономическая эффективность функционирования будущего предприятия во многом зависит от принятых проектных решений. Количественную оценку технико-экономических показателей производят путем сравнения показателей проекта по новому строительству с данными типовых проектов или с нормативными показателями, при выполнении проекта реконструкции — с аналогичными данными предприятия до реконструкции. Система показателей должна быть сравнимой, измеримой и сопоставимой на основе действующих нормативов.

Основными показателями при определении экономической эффективности капитальных вложений являются:

размер капитальных вложений, необходимых для проведения работ в соответствии с проектом;

себестоимость продукции;

срок окупаемости капитальных вложений и рентабельность;

производительность труда.

Более подробно качество проектно-сметной документации оценивают рядом частных критериев:

мощностью предприятия в натуральном и стоимостном выражении;

стоимостью строительных работ;

себестоимостью продукции;

производительностью труда в натуральном и денежном выражении;

сроком окупаемости капитальных вложений;

годовой потребностью в сырье и материалах;

трудовыми затратами на строительство;

расходом основных строительных материалов;

уровнем использования ручного труда;

степенью автоматизации производственных процессов.

Для обеспечения эффективного проектирования все работы необходимо вести в определенной последовательности и таким образом, чтобы невыполненные предыдущие работы не были сдерживающим фактором проведения других проектных работ. На рисунке 1 показана такая последовательность. Причем все

виды работ можно разделить на два этапа, выполняемые до и после технологической части проектирования. Поэтому качество проекта в целом будет определяться качеством заложенных технологических проектных решений, которые являются главными в проекте.

Экономическую эффективность капитальных вложений оценивают рядом специфических показателей, таких, как рентабельность предприятия, срок окупаемости капитальных вложений, фондотдача, выработка продукции на одного работающего и др.

Коэффициент рентабельности или эффективность капитальных вложений  $\mathcal{E}_p$  — это отношение разности годовой продукции  $\mathcal{C}$  в действующих оптовых ценах и себестоимости годового выпуска продукции  $S$  к сумме капитальных вложений  $K$  с учетом оборотных фондов:

$$\mathcal{E}_p = \frac{\mathcal{C} - S}{K}$$

Уровень общей рентабельности  $P_o$  определяют в процентах как отношение балансовой прибыли к суммарной стоимости основных производственных  $\Phi_{осв.пр}$  и нормативных оборотных фондов  $\Phi_{об.нор}$ .

$$P_o = \frac{П_б}{\Phi_{осв.пр} + \Phi_{об.нор}} \cdot 100$$

Срок окупаемости капитальных вложений  $T$  рассчитывают как отношение капитальных вложений на реконструкцию  $K$  и к приросту прибыли в связи с проведением реконструкции  $П$ :

$$T = K/П$$

Срок окупаемости предприятий нового строительства должен учитывать период строительства  $L_c$ , период освоения производ-

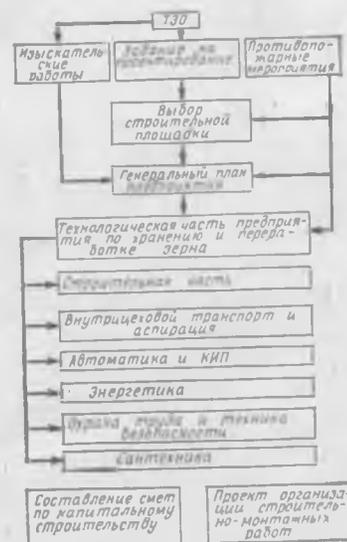


Рис. 1. Схема последовательности выполнения проекта предприятия

ственной мощности  $L_0$ , прибыль производственной мощности  $P_p$  за период освоения:

$$T = L_c + L_0 + \frac{K - P_p}{C - C_1}$$

В отрасли хлебопродуктов нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений установлен 0,12, а срок окупаемости — 8,3 года.

В целом эффективность капитальных вложений на строительство или реконструкцию предприятий рассчитывают с использованием подробных методик, принятых в отрасли хлебопродуктов.

## § 7. ВЫБОР ПЛОЩАДКИ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА

Площадка для строительства предприятия должна удовлетворять следующим основным требованиям:

иметь минимальные размеры с учетом рациональной плотности застройки;

обеспечить расположение зданий и сооружений в соответствии с направлением движения сырья и готовой продукции и иметь возможность расширения производства;

иметь относительно ровную поверхность и уклон (0,001... 0,003), обеспечивающий сток поверхностных вод;

уровень грунтовых вод должен быть ниже глубины устройства подвалов, туннелей и т. п.;

иметь удобное присоединение к ближайшей железнодорожной станции.

Площадку для строительства предприятия выбирают в зависимости от размещения промышленных объектов (главным образом зоны предприятий пищевой промышленности), требований по планировке города и сооружений, определенных ТЭО.

При выборе участка для строительства производят предварительные изыскания в объеме необходимом для составления задания на проектирование. Для этого на месте строительства изучают степень обеспечения строящегося предприятия железнодорожными, водными, автомобильными подходами, а в больших городах также возможностью подведения трамвайных и троллейбусных путей.

Площадку для предприятий, как правило, выбирают на непригодных для сельскохозяйственного использования землях с соблюдением основ земельного законодательства СССР и союзных республик, законодательных актов по охране природы и использованию природных ресурсов, норм и правил строительного проектирования. Площадку необходимо выбирать вблизи существующих сетей энерго- и водоснабжения или

вблизи намечаемых к строительству предприятий, с которыми возможно кооперироваться по устройству дорог, электростанций, водопровода, канализации и других инженерных сетей, жилищного и культурно-бытового строительства.

Место (географическую точку) строительства выбирают на основании технико-экономических сравнений условий строительства и эксплуатации предприятий в отдельных точках устанавливаемого плана района. Кроме всего перечисленного, необходимо собрать данные о сейсмичности, метеорологических условиях, водоснабжении, канализации, энергоснабжении, подъездных путях и местных строительных материалах.

Основные требования, которым должна отвечать площадка для строительства, — это соблюдение санитарных разрывов от жилых зданий и других производственных предприятий и разрывов от магистральных железных дорог, аэродромов, кладбищ, нефтебаз, складов огнеопасных и взрывчатых веществ. Площадка не должна находиться в зоне оползней, а также разрабатываемых и намечаемых к разработке горнорудных шахт и выработок. При выборе площадки обследуют также и участок (площадью 2 га) для организации строительства. Полученные данные заносят в таблицу, сравнивают варианты и по лучшим показателям окончательно выбирают площадку для строительства.

Площадка для строительства должна быть согласована с соответствующими организациями. Для этого создают комиссию из представителей: заказчика проекта, проектной организации, местного исполкома, территориальной проектной организации, организации, ведущей эксплуатацией транспортных коммуникаций, сетей электроснабжения, водоснабжения, канализации, связи; органов санитарно-эпидемиологической службы; государственного пожарного надзора; Госгортехнадзора, организаций по использованию и охране водных ресурсов; управления железной дороги. Комиссия составляет акт о выборе площадки, который подписывают все члены комиссии. Этот акт утверждают министерство или ведомство-заказчик одновременно с заданием на проектирование.

При выборе должны быть согласованы с соответствующими организациями: размеры площадки; возможность использования местных трудовых ресурсов, материальных ресурсов; трассы новых внешних коммуникаций, железных и автомобильных дорог, источники и трассы сетей электроснабжения, связи, теплоснабжения, водопровода; места спуска сточных вод; примыкание к береговой полосе. Согласованию подлежит возможность использования местных строительных материалов и сборных конструкций, а также строительства при наличии на площадке полезных ископаемых.

ПЛАН

Бух. ТИП и ЛП  
БИБЛИОТЕКА  
№ 447879

Акт оформляют в исполкоме местного Совета народных депутатов с участием членов комиссии в течение не более одного месяца. Акт о выборе площадки является основным документом о согласовании намечаемых проектных решений и подключении предприятия к инженерным сетям и коммуникациям.

Для того чтобы установить связь проектируемого предприятия с окружающим районом, а также для наглядности принимаемых решений пользуются ситуационным планом. Размер охватываемой ситуационным планом территории определяется границами взаимного влияния проектируемого предприятия и окружающего района. Его изображают в масштабе 1:10 000 или 1:25 000.

На ситуационном плане показывают: намечаемые для строительства площадки в двух-трех вариантах, место их примыкания к железнодорожным путям, существующим водопроводам; место примыкания к канализации. Показывают ТЭЦ, трассу ВЛЭП, теплосети и т. п. Сопоставляя полученные технико-экономические показатели по вариантам площадок, окончательно решают, какая из них отвечает установленным требованиям.

После утверждения акта выбора площадки и получения задания на проектирование проектная организация назначает изыскательную партию. В своей работе изыскательная партия руководствуется инструкцией по проведению технических изысканий на строительстве мукомольных (крупяных) заводов.

Цель изысканий — дать полную и окончательную характеристику выбранного участка. Изыскания состоят из топографических и инженерно-геологических работ, изысканий по водопроводу, канализации, энергоснабжению, топливу, железнодорожным путям и местным строительным материалам.

Подробный топографический план намеченной для строительства площадки (и окружающей ее территории) составляют в масштабе 1:1000 с сечением рельефа через 0,5 м. Намечаются трассы линий водопровода, канализации, теплопроводов, автомобильных дорог и железнодорожных путей.

Инженерно-геологическими изысканиями определяется общее геологическое строение участка, выявляются условия устойчивости грунтов в отношении физико-геологических явлений (оползни, размыв и т. п.), определяются гидрологическая обстановка и режим грунтовых вод. Определение толщины слоя, идущего в основание проектируемого сооружения, производится бурением и шурфованием грунтов, а в необходимых случаях испытанием грунтов пробивными нагрузками или забивкой пробных свай. Кроме данных, полученных в результате изысканий, в основу выводов по инженерно-геологическим изысканиям должны быть положены соответствующие документы местных организаций, соседних предприятий и строительства.

В выводах должны быть отражены данные, полученные в результате изучения имеющихся на месте геологических очерков, карт и профилей, геологических разрезов по существующим артезианским скважинам и колодцам, журналов наблюдений за режимом грунтовых вод.

Изыскания по водоснабжению заключаются в уточнении источников водоснабжения, выбранного при отводе участка. Фиксируют место водозабора. Проводят съемку трассы водопроводных линий от места водозабора до участка строительства. Определяют качество питьевой воды и воды, идущей на производственные цели. Оценивают качество питьевой воды химическим путем, а пригодность ее подтверждается санитарным надзором. Для мойки зерна применяют воду питьевого качества. Для пожарных целей может быть применена вода любого качества, не содержащая примесей, загрязняющих оборудование. Определяют условия водозабора и напор воды.

Сточные воды предприятия состоят из хозяйственно-бытовых, сточных вод отопительной системы и воды от мойки зерна и могут быть равными 0,9 расхода. Изыскания по канализации заключаются в определении места сброса, выявлении требований санитарного надзора по очистке сточных вод.

Изыскания по энергоснабжению заключаются в оформлении с гор(рай)энергослужбами условий получения энергии на период строительства и эксплуатации предприятия. Выбирают трассу и согласовывают ее с местным энергонадзором, определяют характер ввода, расстояние до места присоединения, наличие пересечений с линиями железнодорожной связи, электропередачи, оврагами, реками и т. п.

Окончательные изыскания по железнодорожным путям заключаются в двойной нивелировке трассы подъездного пути. Отметки продольных и поперечных профилей увязываются с отметкой топографического плана участка. В плане и профилях подъездных путей дают съемку местности на участке шириной по 50 м в каждую сторону от оси пути, искусственные сооружения для пропуска воды, пересечения с существующими железнодорожными и автомобильными путями, телефонными, телеграфными и высоковольтными электролиниями и подземными сооружениями (водопроводные, канализационные и пути теплопроводов). При этом все пересечения согласовывают с заинтересованными организациями. По автомобильным дорогам указывают расстояние существующих автомобильных дорог от площадки с нанесением на карту их направления, установлением высотных отметок и характеристикой покрытия и состояния дорог.

Метеорологические и климатические данные получают от ближайшей метеорологической станции; они должны содержать данные многолетних наблюдений за температурой воздуха, ат-

мосферными осадками и влажностью воздуха, направлением, частотой и силой ветра, глубиной промерзания грунта и сейсмичности района.

Важным вопросом изысканий является определение наиболее экономных и целесообразных условий обеспечения строительства местными строительными материалами. При этом необходимо выяснить следующие данные: местонахождение заводов стройматериалов и карьеров, их мощность и расстояние до строительной площадки, до ближайшей железнодорожной станции или пристани; цены на их продукцию. Определяют виды местных материалов и изделий, которые могут быть использованы для строительства. Выясняют условия доставки материалов и их стоимость.

Приводят данные по устройству и улучшению подъездных железно- и автодорожных путей к площадке строительства, а также о предприятиях, могущих выполнять заказы строительства на строймонтажные детали и полуфабрикаты (готовый бетон, раствор и т. п.).

Объем изысканий устанавливает главный инженер проекта. Он определяет состав партии, получает разрешение исполкома местного Совета депутатов грядущихся на производство изыскательных работ. После окончания изысканий составляют акт о фактическом объеме выполненных работ. Образцы грунтов в соответствии с инструкцией направляют в грунтоведческую лабораторию для исследования. Материалы топографической съемки, буровые журналы и другие материалы изыскательских работ направляют в проектную организацию для обработки и оформления отчета.

## § 8. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ГЕНЕРАЛЬНОГО ПЛАНА

После выбора строительной площадки приступают к проектированию генерального плана. Современный мукомольный (крупяной) завод представляет собой автоматизированное предприятие. Последовательность операций современного мукомольного-крупяного завода складывается из приемки зерна (железнодорожный, автомобильный, водный транспорт); транспортирования зерна в элеватор, его взвешивания, сушки, предварительной очистки, хранения и передачи в зерноочистительное отделение; подготовки зерна к переработке; переработки подготовленного зерна в муку (крупу); выбор продукции и передачи ее в склад; хранения и отпуска продукции; обработки, хранения и отпуска отходов.

Осуществление этих операций возможно при наличии следующих основных и побочных сооружений: элеватора с прием-

ными устройствами и зерносушилкой; мукомольного (крупяного) цеха, состоящего из зерноочистительного, размольного (шелушильного) и выбойного отделений; трансформаторной подстанции с кабельной сетью; складов готовой продукции и отходов; ремонтных мастерских, средств внешнего и внутриводского транспорта; помещения и оборудования производственно-технологической лаборатории; складских помещений; котельной с сетью теплопроводов; водоснабжения, канализационной сети, бытовых помещений, пожарного депо, административного корпуса, автомобильных и железнодорожных весов, телеграфной связи, производственной сигнализации и противогрозовой защиты; проходных пунктов и сторожевых постов; объектов благоустройства.

Генеральным планом является конкретная производственная территория, ограниченная определенными размерами, на которой размещаются все производственные и обслуживающие здания и сооружения, инженерные сети, железнодорожные пути и автомобильные дороги, необходимые для работы предприятия. При проектировании генерального плана определяют взаиморасположение и связь сооружений, увязывают генеральный план с проектом районной планировки, а также с существующими предприятиями, сооружениями, дорогами, инженерными сетями и коммуникациями.

Конфигурацию участка и его расположение по отношению к существующим сооружениям принимают из отчета о выборе площадки и архитектурно-планировочного задания главного архитектора города, используя типовые схемы генеральных планов. Располагая здания и сооружения на генеральном плане, необходимо находить решения, дающие высокие технико-экономические показатели (коэффициент застройки, длина коммуникаций, площадки мощения и т. п.).

Генеральный план предприятия проектируют по строительным нормам и правилам «Генеральные планы промышленных предприятий. Нормы проектирования СНиП П-М,1—71», а также инструкции по разработке схем генеральных планов групп предприятий с общими объектами промышленных узлов (СН245—71). При составлении генерального плана необходимо учитывать требования: эксплуатационные, строительные, пожарной безопасности, санитарные требования, охраны окружающей среды, гражданской обороны.

Эксплуатационные требования сводятся к установлению кратчайших путей для передачи зерна из приемных устройств в элеватор, из элеватора в производство, из производства в склад готовой продукции и склад отходов и устранения скрещивания потоков транспорта на территории. Вальцерезные мастерские, помещения для душевых, разделок и лабораторий

следует располагать непосредственно в здании производственного корпуса.

Административные здания с контрольно-проходными пунктами и вход на территорию следует размещать так, чтобы проход посторонних лиц, помимо контрольного пункта, был невозможен. Склады готовой продукции располагают таким образом, чтобы был обеспечен необходимый фронт погрузки на железнодорожный и автомобильный транспорт. У главного входа предусматривается проходной пункт, где находится бюро выдачи пропусков, помещение охраны и табельная.

Строительные требования заключаются в правильной компоновке сооружений, блокировке помещений в общем здании и установлении минимальных разрывов между зданиями в соответствии с требованиями противопожарных норм (СНиП II-A.5—70) и санитарными нормами промышленных предприятий (СНиП 245—71).

Генеральный план должен отвечать следующим требованиям: здания и сооружения располагают в соответствии с направлением господствующих ветров так, чтобы предохранить большинство цехов предприятия от дыма и пыли и максимально использовать естественные условия для освещения и аэрации цехов; производственную территорию целесообразно разделить на отдельные зоны, расположив в каждой группу цехов, однородных по характеру производства, пожарным и санитарно-гигиеническим условиям, по энергопотреблению, грузообороту и др.; расстояния между зданиями и сооружениями должно быть минимальное и соответствовать противопожарным и санитарно-техническим требованиям; вспомогательные цехи, склады и энергетические устройства размещают возможно ближе к обслуживаемым или основным цехам; взаимное расположение зданий и сооружений и размещаемых в них цехов должно соответствовать требованиям производственного процесса, обеспечивающим поточность производства; производственный поток сырья и готовой продукции должен быть поступательным и наикратчайшим, без встречных и возвратных направлений; железнодорожные пути и автомобильные дороги располагают на территории предприятия соответственно характеру движения грузовых потоков.

В генеральном плане предусматривают трансформаторную подстанцию, которая обычно находится в основном производственном здании. Котельную располагают возможно ближе к производственным цехам. Требования пожарной безопасности заключаются в установлении необходимых разрывов между зданиями и в обеспечении удобного и быстрого передвижения пожарных автомобилей ко всем объектам предприятия без пересечения с железнодорожными путями, а также в устройстве сети водо-

провода с пожарными гидрантами и резервуарами для воды.

По санитарно-техническим требованиям необходимо учитывать, что мукомольный (крупяной) завод располагают с подветренной стороны по отношению к населенным пунктам и с необходимым санитарным разрывом (100...150 м). При проектировании генерального плана необходимо учитывать возможность будущего расширения предприятия. Для этого предусматривают свободные участки, которые в дальнейшем могут быть использованы для увеличения вместимости элеватора, складов готовой продукции и др.

Все здания и сооружения, входящие в состав промышленного предприятия, делят на группы:

основные производственные здания: элеватор с приемным, отпусковым устройствами и зерносушилкой, мукомольный (крупяной) завод и склады сырья и готовой продукции, транспортные галереи и сети межцехового транспорта, склад отходов;

здания подсобно-производственного и обслуживающего назначения: ремонтные мастерские, контора с лабораторией, автомобильные и железнодорожные весы, контрольно-пропускные пункты, склады топлива, смазочных материалов, запасных частей и деталей, оборудования;

сооружения энергетического хозяйства: котельная, трансформаторные подстанции и линии электропередач; объекты транспортного хозяйства и связи — железнодорожные пути и автомобильные дороги, радио- и телефонная связь, сигнализация, депо тепловозов и маневровые лебедки; внешние сети и сооружения водоснабжения, канализации, теплоснабжения и газификации — насосные станции и пожарное депо, артезианские скважины, резервуары для воды, сети водопровода, канализации, тепловые и газовые магистрали, очистные сооружения, душевые и раздевалки, столовая, медицинский пункт; объекты благоустройства территории — ограждение, озеленение, наружное освещение, устройство дорог, планировка; объекты жилищно-бытового назначения — жилые дома, магазины, детские ясли и другие здания.

Для рационального использования территории применяют блокировку помещений в одном здании. В здании мукомольного (крупяного) завода размещают трансформаторные подстанции, бытовые помещения, цеховые лаборатории и мастерские, а в подсобных помещениях — центральные мастерские, склады материалов, помещения для буфетов и приема пищи, гардеробы, душевые и др.

Застройку территории предприятия необходимо проектировать с наиболее полным ее использованием. При этом принимают следующие разрывы между зданиями и сооружениями: от рабочей башни элеватора до мукомольного (крупяного) завода

следует располагать непосредственно в здании производственного корпуса.

Административные здания с контрольно-проходными пунктами и вход на территорию следует размещать так, чтобы проход посторонних лиц, помимо контрольного пункта, был невозможен. Склады готовой продукции располагают таким образом, чтобы был обеспечен необходимый фронт погрузки на железнодорожный и автомобильный транспорт. У главного входа предусматривается проходной пункт, где находится бюро выдачи пропусков, помещение охраны и табельная.

Строительные требования заключаются в правильной компоновке сооружений, блокировке помещений в общем здании и установлении минимальных разрывов между зданиями в соответствии с требованиями противопожарных норм (СНиП II-A.5—70) и санитарными нормами промышленных предприятий (СНиП 245—71).

Генеральный план должен отвечать следующим требованиям: здания и сооружения располагают в соответствии с направлением господствующих ветров так, чтобы предохранить большинство цехов предприятия от дыма и пыли и максимально использовать естественные условия для освещения и аэрации цехов; производственную территорию целесообразно разделить на отдельные зоны, расположив в каждую группу цехов, однородных по характеру производства, пожарным и санитарно-гигиеническим условиям, по энергопотреблению, грузообороту и др.; расстояние между зданиями и сооружениями должно быть минимальное и соответствовать противопожарным и санитарно-техническим требованиям; вспомогательные цехи, склады и энергетические устройства размещают возможно ближе к обслуживаемым или основным цехам; взаимное расположение зданий и сооружений и размещаемых в них цехов должно соответствовать требованиям производственного процесса, обеспечивающим точность производства; производственный поток сырья и готовой продукции должен быть поступательным и наикратчайшим, без встречных и возвратных направлений; железнодорожные пути и автомобильные дороги располагают на территории предприятия соответственно характеру движения грузовых потоков.

В генеральном плане предусматривают трансформаторную подстанцию, которая обычно находится в основном производственном здании. Котельную располагают возможно ближе к производственным цехам. Требования пожарной безопасности заключаются в установлении необходимых разрывов между зданиями и в обеспечении удобного и быстрого передвижения пожарных автомобилей ко всем объектам предприятия без пересечения с железнодорожными путями, а также в устройстве сети водо-

провода с пожарными гидрантами и резервуарами для воды.

По санитарно-техническим требованиям необходимо учитывать, что мукомольный (крупяной) завод располагают с подветренной стороны по отношению к населенным пунктам и с необходимым санитарным разрывом (100...150 м). При проектировании генерального плана необходимо учитывать возможность будущего расширения предприятия. Для этого предусматривают свободные участки, которые в дальнейшем могут быть использованы для увеличения вместимости элеватора, складов готовой продукции и др.

Все здания и сооружения, входящие в состав промышленного предприятия, делят на группы:

основные производственные здания: элеватор с приемным, отпусковым устройствами и зерносушилкой, мукомольный (крупяной) завод и склады сырья и готовой продукции, транспортные галереи и сети межцехового транспорта, склад отходов; здания подсобно-производственного и обслуживающего назначения: ремонтные мастерские, контора с лабораторией, автомобильные и железнодорожные весы, контрольно-пропускные пункты, склады топлива, смазочных материалов, запасных частей и деталей, оборудования;

сооружения энергетического хозяйства: котельная, трансформаторные подстанции и линии электропередач; объекты транспортного хозяйства и связи—железнодорожные пути и автомобильные дороги, радио- и телефонная связь, сигнализация, депо тепловозов и маневровые лебедки; внешние сети и сооружения водоснабжения, канализации, теплоснабжения и газификации—насосные станции и пожарное депо, артезианские скважины, резервуары для воды, сети водопровода, канализации, тепловые и газовые магистрали, очистные сооружения, душевые и раздевалки, столовая, медицинский пункт; объекты благоустройства территории—ограждение, озеленение, наружное освещение, устройство дорог, планировка; объекты жилищно-бытового назначения—жилые дома, магазины, детские ясли и другие здания.

Для рационального использования территории применяют блокировку помещений в одном здании. В здании мукомольного (крупяного) завода размещают трансформаторные подстанции, бытовые помещения, цеховые лаборатории и мастерские, а в подсобных помещениях—центральные мастерские, склады материалов, помещения для буфетов и приема пищи, гардеробные, душевые и др.

Застройку территории предприятия необходимо проектировать с наиболее полным ее использованием. При этом принимают следующие разрывы между зданиями и сооружениями: от рабочей башни элеватора до мукомольного (крупяного) завода

12 м, от производственного корпуса до склада сырья 15 м, до корпуса подсобных помещений 25 м.

Артезианские скважины, резервуары для хозяйственного и противопожарных запасов воды и насосные станции размещают на участках, отделенных от остальной территории решетчатым забором и воротами для выезда пожарного автомобиля. Вдоль забора должны быть посажены деревья и кустарники. Расстояние от резервуаров и артезианских скважин до ближайших сооружений или автомобильных проездов должно быть не менее 25 м. Схему железнодорожных путей выбирают в зависимости от грузооборота и состава сооружений проектируемого предприятия.

Длину железнодорожных путей рассчитывают по числу одновременно подаваемых вагонов

$$L = \frac{n_a l_a}{n_p},$$

где  $n_a$  — число вагонов;  $l_a$  — средняя длина большегрузного вагона, м;  $n_p$  — число путей.

Железнодорожные пути прокладывают вдоль продольной оси здания основного корпуса. Автомобильные дороги шириной 5,5..6,0 м проектируют без пересечения потоков автомобильного транспорта с устройством погрузочных дворов и площадок для разворота автомобилей. Автомобильные весы располагают у въезда на территории на расстоянии 10..12 м от ворот.

Склады для жидкого топлива размещают около сливных тупиков. Надземные или подземные цистерны и помещения насосных станций должны находиться на расстоянии не менее 20 м от оси железнодорожного пути. Территории складов окружают земляными валами. Ворота для въезда на территорию и выезда должны открываться вовнутрь двора. Ворота и крытые проезды автомобильных весов должны иметь ширину не менее 3 м и высоту не менее 3,5 м.

Подземные инженерные сети (водопровод, канализация, силовой кабель, отопление) прокладывают по кратчайшему пути. Водопроводная линия охватывает кольцом основные производственные здания. Воду на территорию следует подавать с двух сторон. При временном отключении одной из водопроводных линий производственная территория не должна оставаться без воды. По кольцу водопроводной линии устанавливают пожарные гидранты на расстоянии 80..100 м друг от друга. При отсутствии водопроводных линий в данном районе проектируют артезианские скважины или шахтные колодцы. Вместимость резервуаров воды, необходимых для пожарных целей, выбирают из расчета двухчасового противопожарного расхода воды и 12-часового хозяйственного расхода.

Сеть канализации располагают около сооружений на расстоянии 10..20 м от них так, чтобы не было пересечений с подземными кабельными линиями. В местах ответвлений канализационных труб для ввода в здание устанавливают колодцы. Водопроводные и канализационные трубы в местах перехода под железнодорожными путями заключают в стальные трубы (футляры), выступающие на 10 м от оси железнодорожного пути. Сети коммуникаций размещают, как правило, вдоль основных (магистральных) проездов прямолинейно и параллельно линиям застройки.

Генеральный план предприятия проектируют на основе топографической съемки, отражающей особенности рельефа площадки и местности в рамках ситуационного плана, позволяющего решить вопрос отвода ливневых и талых вод. Уклон площадки застройки должен быть в пределах не более 1,5% для обеспечения общего водоотвода. На территории устраивают тротуары без пересечения их с грузовыми потоками, удобно размещают светильники для наружного освещения территории. При этом озеленение следует увязывать с системой и характером зеленых насаждений в прилегающем районе. Деревья сажают с внутренней стороны ограждения территории, а кустарники — у изгороди, отделяющей территории для водоснабжения, около бытовых помещений, административно-конторских зданий и площадок для отдыха. Площадь озеленения составляет не менее 15..20% площади территории. Пологые зеленые насаждений имеют ширину 2..5 м, полса кустарника в среднем 0,8..1,2 м.

Генеральный план мукомольного завода предусматривает на основной линии застройки расположение сооружений, связанных с железнодорожными путями: элеватор с приемным устройством, мукомольный завод, склад готовой продукции и склад топлива. Вторую линию застройки образует группа сооружений, работа которых не связана с железнодорожными путями: подсобные помещения, административный корпус, насосная станция, котельная и склад отходов.

Ширина участка около склада готовой продукции — 25 м. Цех отходов максимально приближен к мукомольному заводу и рабочей башне элеватора, а корпус подсобных помещений размещен с учетом удобного использования мастерских рабочими основных производственных цехов. Склад жидкого топлива расположен с учетом требований пожарной безопасности. К складам примыкает железнодорожный путь с тупиком для установки железнодорожных цистерн.

Генеральный план крупяного завода (рис. 2) имеет некоторые особенности. Крупяные заводы обычно строят в зоне выращивания крупяных культур, и зерно на предприятие поступает на автомобилях. Вместимость элеваторов принимают на

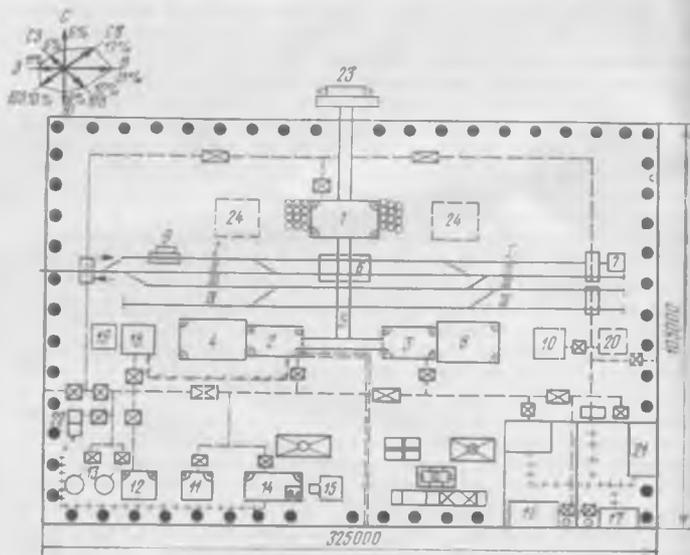


Рис. 2. Генеральный план:

1 — элеватор; 2 — мукомольный завод; 3 — крупяной завод; 4 — склад муки; 5 — валковый конвейер; 6 — приемка зерна с железнодорожного транспорта; 7 — депо мотовозов; 8 — склад крупы; 9 — вагонные весы; 10 — материальный склад; 11 — подсобный корпус; 12 — насосная станция; 13 — резервуары воды; 14 — административный корпус; 14а — бюро пропусков; 15 — автомобильные весы; 16 — столовая; 17 — детские ясли; 18 — очистка моечных вод; 19 — склад для горюче-смазочных материалов; 20 — площадка для твердого топлива; 21 — жилой дом; 22 — дворовые туалеты; 23 — приемка зерна с воды; 24 — место для расширения элеватора

8...10 месяцев работы завода. Размеры приемных устройств с автомобильного транспорта значительно больше, чем на мукомольном заводе. На крупяных заводах готовая продукция хранится и перевозится в мешках, поэтому отсутствуют бункера для безтарного хранения. Вместимость склада для хранения крупы в таре рассчитана на 14 сут.

В состав сооружений крупяных заводов входят установки для сжигания лузги или бункера для ее хранения и отпуска на гидролизные заводы или другим потребителям. Для некоторых крупяных заводов предусматривают цеха для приготовления кормовых брикетов из лузги, муки и других побочных продуктов с добавлением мелассы.

При проектировании железнодорожных путей следует учитывать требование СНиП 11-Д.2-62 «Железные дороги колеи 1524 мм промышленных предприятий. Нормы проектирования». Инженерные сети размещают в соответствии со СНиП П-М.1-71 «Генеральные планы промышленных предприятий. Нормы проектирования». Водоснабжение и канализацию проектируют в соответствии с требованиями СНиП по проектированию водоснабжения и канализации, а также с требованиями санитарных норм (СН 245-71).

Основными технико-экономическими показателями являются: общая площадь производственной территории в гектарах, плотность застройки, компоновка сооружений, размер территории, м (длина, ширина); отношение длины к ширине; площадь, занимаемая железнодорожными путями, м<sup>2</sup>; длина железнодорожных путей, м; число отдельных зданий. Площадь генеральных планов по типовым проектам рекомендуется 5...6 га. Длину территории определяют исходя из длины железнодорожных путей, которые должны обеспечить требуемый фронт разгрузки сырья и погрузки готовой продукции, длина территории должна быть в 2,5—3 раза больше ширины.

Одним из показателей рационального использования производственной территории является коэффициент застройки (%), т. е. отношение площади, занимаемой всеми зданиями и сооружениями, к общей площади территории:

$$K = \frac{\sum_{i=1}^n f_i}{F_0} 100,$$

где  $f_i$  — площадь каждого здания, м<sup>2</sup>;  $F_0$  — площадь всей территории, м<sup>2</sup>.

Число отдельных сооружений может быть 12...26. Коэффициент застройки должен быть в пределах 40%.

## § 9. СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ ЗДАНИЙ МУКОМОЛЬНЫХ И КРУПЯНЫХ ЗАВОДОВ

При проектировании промышленных зданий мукомольных и крупяных заводов в первую очередь необходимо учитывать требования технологического процесса и обеспечения безопасности и здоровых условий труда работающих. Это так называемые функциональные требования. Все другие требования к промышленным зданиям, а также архитектурно-художественные, технические, экономические не должны ущемлять функциональные требования. Функциональные требования тесно связаны с объемно-планировочными решениями зданий, разрабатываемыми на первой стадии проектирования.

К функциональным, или технологическим, требованиям, характерным для зданий мукомольных и крупяных заводов, можно отнести расположение оборудования в соответствии с технологией и требованиями техники безопасности, отсутствие выступающих строительных конструкций внутрь рабочих помещений, узких тупиковых помещений, затрудняющих уборку и способствующих скоплению пыли, развитию насекомых-вредителей и т. п. Основными факторами, обеспечивающими безопасные и здоровые условия труда для работающих, являются кубатура и производственная площадь помещений. В соответствии с требованиями техники безопасности и санитарно-гигиенических условий труда объем производственного помещения для каждого работающего должен быть не менее  $15 \text{ м}^3$ , а площадь не менее  $4,5 \text{ м}^2$ . Высоты этажей производственных помещений должны быть не менее  $3,2 \text{ м}$ , а высота помещений от пола до низа выступающих строительных конструкций должна быть не менее  $2,6 \text{ м}$ .

Двери производственных помещений устраивают открывающимися в сторону выхода с этажа. Независимо от наличия вентиляционных установок, необходимо устраивать створки оконных пролетов для проветривания, которые должны открываться наружу. В производственных помещениях должны быть благоприятные, близкие к комфортным температура и относительная влажность воздуха, а также минимальное содержание пыли.

Конструкция здания должна быть экономична, соответствовать производственной мощности завода и должна реализовываться индустриальными методами. Наиболее распространенной и экономичной конструкцией является каркасное промышленное здание из сборных железобетонных элементов со стенами из блоков или стеновых панелей.

В сейсмически опасных районах возводят здания из монолитного железобетона, выполняемые в скользящей опалубке. Меньшее распространение и экономичность имеют конструкции с несущими кирпичными стенами и железобетонными перекрытиями. Возможная их область применения — для трех-четырёхэтажных мукомольных и крупяных заводов небольшой производительности.

Для предприятий применяют здания первого класса капитальности, относящиеся по пожаро- и взрывоопасности к категориям Б и В и ко второй степени огнестойкости.

К основным параметрам конструкции здания следует отнести ширину, длину, шаг повторяющихся несущих конструкций — колонн, высоту этажей и общую высоту здания. За ширину и длину конструкции здания принимают расстояние между осями колонн. Расстояние между осями, определяющими

положение вертикальных несущих конструкций здания в ряду, называют шагом конструкции. Соотношение поперечного и продольного шага определяет сетку колонн. Размеры пролетов принимают кратными  $3 \text{ м}$ , шаг колонны в продольном направлении —  $6 \text{ м}$ , высоту этажей — кратным  $0,6 \text{ м}$ . Размер пролетов (шаг в поперечном направлении) принимается равным  $6 \text{ м}$  для предприятий небольшой производительности, а для предприятий средней и большой производительности —  $9 \text{ м}$ . Число пролетов  $2$  или  $3$  принимают также в зависимости от производительности предприятия. Высоты этажей принимаются равными  $4,8 \text{ м}$ , а для этажей, где расположено пневмотранспортное оборудование, —  $6 \text{ м}$ .

Многоэтажные промышленные здания проектируют с сеткой колонн  $6 \times 6$  и  $6 \times 9 \text{ м}$ , а некоторые части (бункера) —  $3 \times 6 \text{ м}$ . Каркас здания состоит из ряда многоярусных рам с жесткими узлами. В поперечном направлении рамные узлы образуют стыки ригелей с колоннами, осуществляемые посредством сварки выпусков арматуры, сварки закладных деталей колонн и ригелей и замоноличиванием узлов. В продольном направлении устойчивость здания обеспечивается установкой специальных стальных ферм.

В каркасных зданиях продольные и поперечные координационные оси проходят через геометрические центры сечений колонн внутренних рядов. В поперечной проекции наружную грань колонн наружных рядов совмещают с координационными осями, если балки, ригели или фермы перекрывают колонну. Если ригели опираются на консоли колонн, то геометрические оси колонн наружных рядов совпадают с координационной разбивочной осью.

В продольной проекции крайняя правая и крайняя левая координационные оси проходят по внутренней стороне торцевой стены. Геометрические же оси колонн крайнего правого ряда и крайнего левого ряда от координационной оси отстают на  $500 \text{ мм}$  внутрь здания. При устройстве в торце здания бункеров для зерна с размерами в плане  $3 \times 3 \text{ м}$  координационная ось совпадает с геометрической осью колонн.

Колонны монтируют из элементов высотой в один или два этажа. Предпочтительней колонны на два этажа, что позволяет вести монтажные работы без замоноличивания стыков на каждом этаже. Применяют колонны сечением  $0,4 \times 0,4 \text{ м}$  для верхних и  $0,4 \times 0,6 \text{ м}$  для нижних этажей. Консоли колонн для опоры ригелей имеют одинаковый вынос  $0,2 \dots 0,3 \text{ м}$ . Крайние колонны имеют консоли с одной стороны, колонны средних рядов — с двух сторон. Для удобства монтажных работ стыки колонн расположены на  $1 \text{ м}$  выше верха плит перекрытия при опоре плит на полки ригелей таврового сечения. При опоре

плит поверху ригелей прямоугольного сечения стыки колонн расположены на 0,6 м выше верха плит перекрытия.

Ригели прямоугольного и таврового сечения имеют одинаковую высоту 0,8 м. Полки ригелей таврового сечения высотой 0,4 м могут воспринимать сосредоточенные нагрузки до 15 т. При больших нагрузках плиты устанавливают по вершине ригелей прямоугольного сечения. Для мукомольных и крупяных заводов, как правило, применяют ригели таврового сечения. При опирании плит перекрытия на полки ригелей уменьшается общая высота перекрытия, что позволяет более рационально использовать объем производственного помещения. Плиты перекрытия по длине бывают трех размеров. Длина плит, укладываемых поверху ригелей, — 5,95 м, на полки ригелей — 5,55 м и около торцов деформационных швов — 5,05 м. Ширину основных плит принимают 1,485 и 2,98 м, а межколонных — 0,74 м. Высота продольных ребер плит 0,4 м, а толщина — 0,15 м. Конструктивные элементы каркаса здания показаны на рисунке 3.

Междуэтажные железобетонные перекрытия бывают сборными и монолитными. При устройстве сборных железобетонных перекрытий плиты необходимого размера укладывают вдоль здания на полки ригелей. Для крепления плит к ригелям имеются специальные закладные детали. В гипсовых железобетонных плитах пробивают отверстия 500×500 и 1000×1000 мм для пропуска коммуникаций или установки оборудования с провисающими деталями.

При необходимости для проведения самотечных труб, материалопроводов, воздухопроводов делают дополнительные отверстия в перекрытии диаметром до 200 мм.

При диаметре отверстия более 200 мм необходимо произвести соответствующий расчет несущей способности плиты. После устройства необходимых по форме и размерам отверстий швы между плитами замоноличивают бетоном с мелким гравием. Поверх плит перекрытия заливают чистый пол слоями бетона толщиной 80...100 мм. Для сохранения формы отверстий в перекрытии необходимо закрепить на плитах деревянные или металлические закладные детали, повторяющие форму отверстия. После отвердения закладные детали могут быть удалены. При использовании плит с толщиной плиты 30 мм при устройстве чистого пола необходима дополнительная укладка арматуры. В результате получаются гзк называемые сборно-монолитные перекрытия.

Между этажами перекрытия можно устраивать из монолитного железобетона. В таких перекрытиях заранее предусматривают отверстия по форме и размерам, позволяющие провести при монтаже самотечные или пневмотранспортные трубопроводы, воздухопроводы или детали оборудования. При устройстве

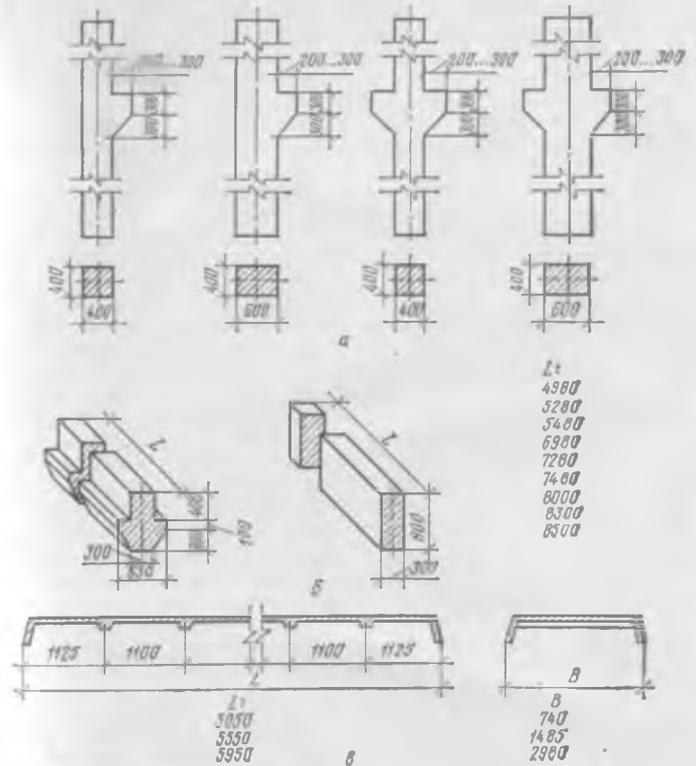


Рис. 3. Элементы конструкции производственных зданий: а — колонны; б — ригели; в — плиты перекрытия

такого перекрытия вначале монтируют колонны и ригели. На полки-консоли ригелей укладывают второстепенные балки. Расстояние между осями второстепенных балок должно быть кратно 0,5 м. Чаще всего второстепенные балки укладывают через 3,0 м.

Размер второстепенных балок по длине аналогичен длине плит перекрытия, сечение — 0,25×0,6 м. После закрепления второстепенных балок устраивают опалубку — форму

плит поверху ригелей прямоугольного сечения стыки колонн расположены на 0,6 м выше верха плит перекрытия.

Ригели прямоугольного и таврового сечения имеют одинаковую высоту 0,8 м. Полки ригелей таврового сечения высотой 0,4 м могут воспринимать сосредоточенные нагрузки до 15 т. При больших нагрузках плиты устанавливают по верху ригелей прямоугольного сечения. Для мукомольных и крупяных заводов, как правило, применяют ригели таврового сечения. При опирании плит перекрытия на полки ригелей уменьшается общая высота перекрытия, что позволяет более рационально использовать объем производственного помещения. Плиты перекрытия по длине бывают трех размеров. Длина плит, укладываемых поверху ригелей, — 5,95 м, на полки ригелей — 5,55 м и около торцов деформационных швов — 5,05 м. Ширину основных плит принимают 1,485 и 2,98 м, а межколонных — 0,74 м. Высота продольных ребер плит 0,4 м, а толщина — 0,15 м. Конструктивные элементы каркаса здания показаны на рисунке 3.

Междуэтажные железобетонные перекрытия бывают сборными и монолитными. При устройстве сборных железобетонных перекрытий плиты необходимого размера укладывают вдоль здания на полки ригелей. Для крепления плит к ригелям имеются специальные закладные детали. В типовых железобетонных плитах пробивают отверстия 500×500 и 1000×1000 мм для пропуска коммуникаций или установки оборудования с провисающими деталями.

При необходимости для проведения самотечных труб, материалопроводов, воздуховодов делают дополнительные отверстия в перекрытии диаметром до 200 мм.

При диаметре отверстия более 200 мм необходимо произвести соответствующий расчет несущей способности плиты. После устройства необходимых по форме и размерам отверстий швы между плитами замоноличивают бетоном с мелким гравием. Поверх плит перекрытия заливают чистый пол слоями бетона толщиной 80...100 мм. Для сохранения формы отверстий в перекрытии необходимо закрепить на плитах деревянные или металлические закладные детали, повторяющие форму отверстия. После отвердения закладные детали могут быть удалены. При использовании плит с толщиной полки 30 мм при устройстве чистого пола необходима дополнительная укладка арматуры. В результате получаются так называемые сборно-монолитные перекрытия.

Между этажами перекрытия можно устраивать из монолитного железобетона. В таких перекрытиях заранее предусматривают отверстия по форме и размерам, позволяющие провести при монтаже самотечные или пневмотранспортные трубопроводы, воздуховоды или детали оборудования. При устройстве

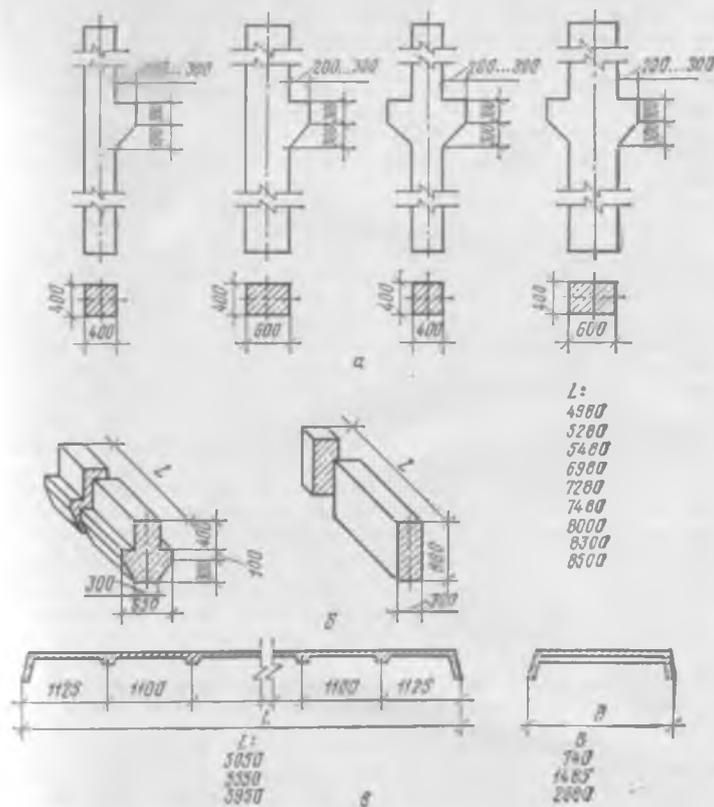


Рис. 3. Элементы конструкции производственных зданий:  
 а — колонны; б — ригели; в — плиты перекрытия

такого перекрытия вначале монтируют колонны и ригели. На полки-консоли ригелей укладывают второстепенные балки. Расстояние между осями второстепенных балок должно быть кратно 0,5 м. Чаще всего второстепенные балки укладывают через 3,0 м.

Размер второстепенных балок по длине аналогичен длине плит перекрытия, сечение — 0,25×0,6 м. После закрепления второстепенных балок устраивают опалубку — форму

кали с промежуточными площадками на уровне каждого этажа. Нижнюю ступеньку лестницы располагают на высоте 1,5...2 м от уровня земли.

#### Вопросы для самоконтроля

1. В какой последовательности составляют задание на проектирование?
2. Назовите стадии проектирования.
3. Какие требования предъявляют к строительной площадке?
4. Какие требования предъявляют к генеральному плану?
5. Как рассчитывают длину подъездных путей?
6. Что такое коэффициент застройки?
7. Из каких элементов состоит каркас промышленного здания?
8. Как устроены оконные и дверные проемы, а также лестничные клетки?
9. Как устроены бункера из монолитного и сборного железобетона?

## II глава

### ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОПЕРАЦИЙ

#### § 1. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫХ ОТДЕЛЕНИЙ

Технологические процессы подготовительных отделений мукомольных и крупяных заводов должны включать:

очистку зерна от примесей с использованием различных сепарирующих машин (рис. 4);

обработку поверхности зерна сухим или влажным способом (рис. 5);

гидротермическую обработку зерна для направленного изменения технологических свойств (рис. 6);

оперативное хранение зерна для обеспечения бесперебойной работы технологического оборудования, а также создания необходимого оперативного запаса зерна в бункерах и силосах;

контроль всех категорий отходов для извлечения зерна и возврата его в основной технологический поток.

Технологический процесс проектируемого предприятия изображают в виде технологической схемы, в которой условными обозначениями в определенной последовательности и взаимосвязи пока-

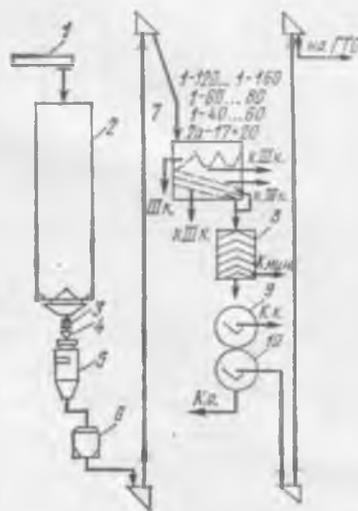


Рис. 4. Первичная очистка зерна:

1 — конвейер зерна; 2 — бункер для неочищенного зерна; 3 — дозаторы; 4 — винтовой конвейер; 5 — автоматические весы; 6 — подогреватель зерна; 7 — воздушно-ситовый сепаратор; 8 — камнеотделительная машина; 9 — оsvilleотборник; 10 — куколотборник; сокращения: Ш.к. — отходы третьей категории; К.к. — контроль отходов третьей категории; К.к. — контроль низших примесей; К.о. — контроль овсюга

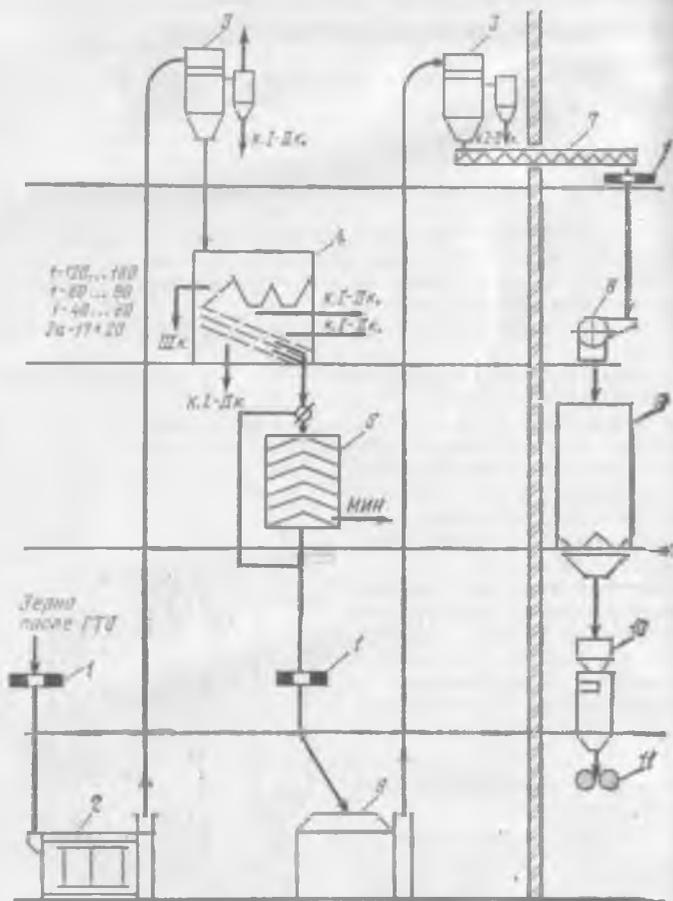


Рис. 5. Окончательная очистка зерна:

1 — аппараты для удаления металлоабразивной примеси; 2 — обочечная машина; 3 — пневмоаспираторы; 4 — воздушно-ситовой сепаратор; 5 — камнеотделительная машина; 6 — щеточная машина; 7 — винтовой конвейер для передачи зерна в размольтное отделение; 8 — увлажнительная машина; 9 — бункер; 10 — автоматические весы; 11 — вальцовый станок; сокращения: III к. — отходы третьей категории; к. I—II к. — контроль отходов I и II категории; МИН — минеральные примеси

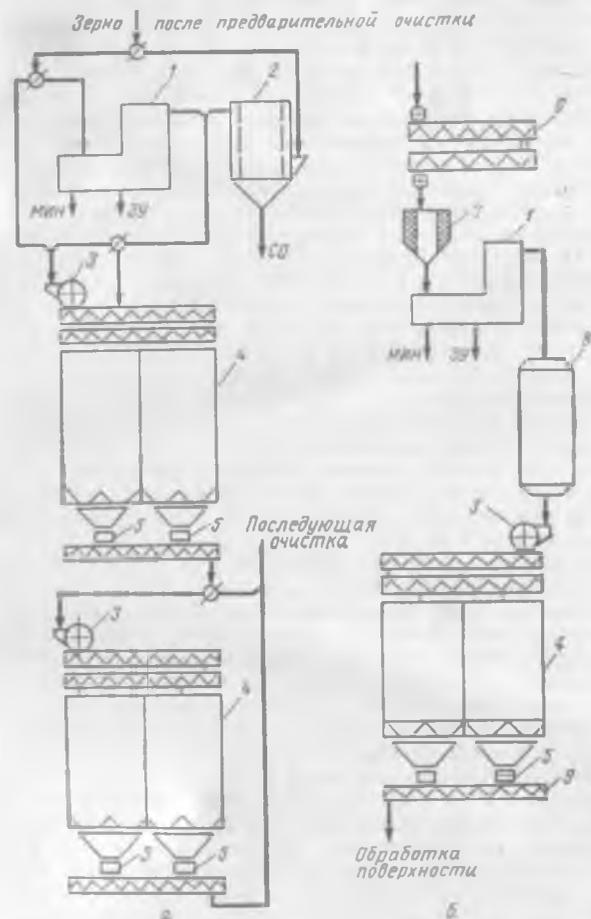
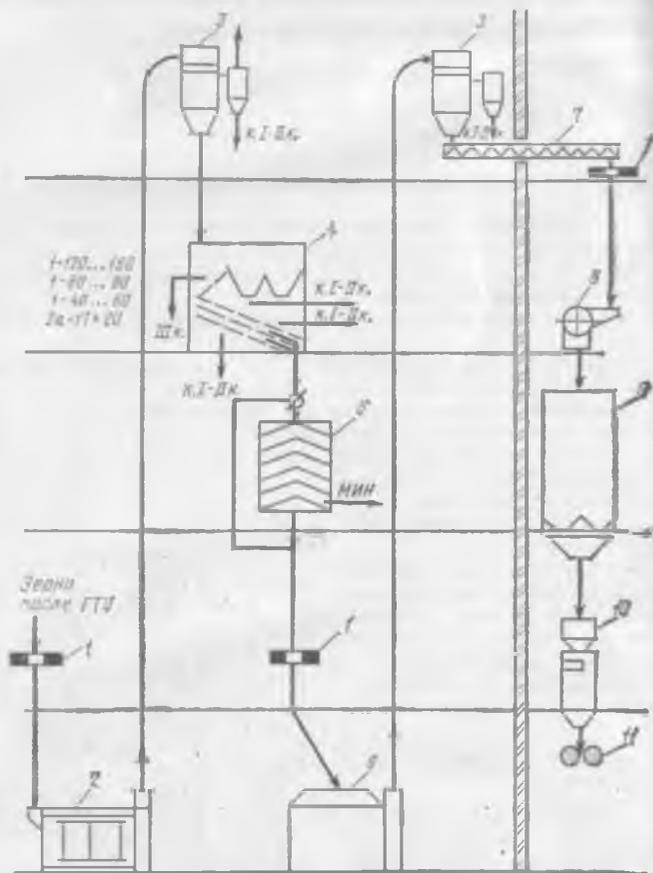
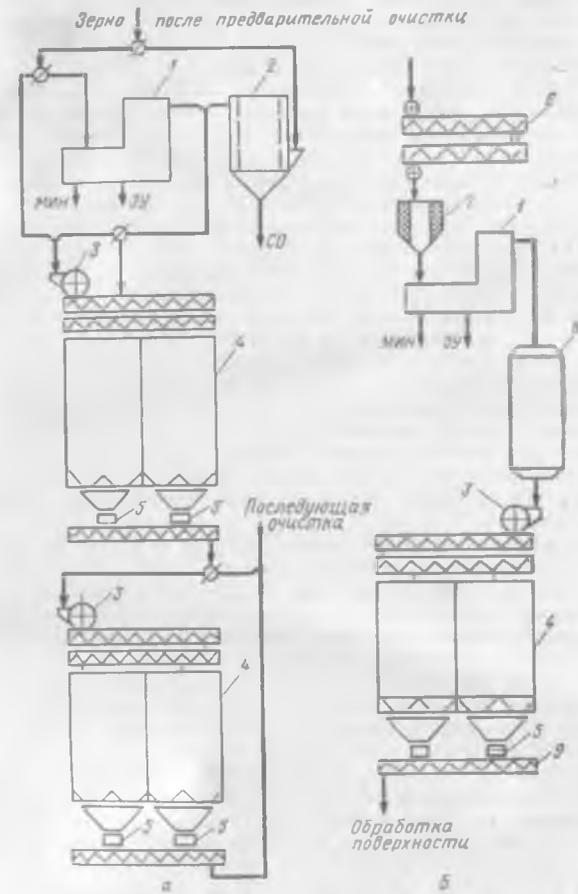


Рис. 6. Гидротермическая обработка зерна:

а — холодное кондиционирование; б — горячее кондиционирование; 1 — моечная машина; 2 — машина мокрого шелушения; 3 — увлажнительные машины; 4 — бункера для равномерного отмолаживания; 5 — дозаторы для зерна; 6 — пропариватель; 7 — бункер для выравнивания температуры зерна; 8 — влагосниматель; 9 — винтовой конвейер на зерноуловитель; МИН — минеральная примесь (отходы III категории); ЗУ — моечные воды на зерноуловитель; СО — сушка отходов



**Рис. 5. Омолаживательная очистка зерна:**  
 1 — аппарат для удаления металломагнитной примеси; 2 — обоечная машина; 3 — пневмосепаратор; 4 — воздушно-ситовой сепаратор; 5 — каменотделительная машина; 6 — щеточная машина; 7 — винтовой конвейер для передачи зерна в размольтное отделение; 8 — увлажнительная машина; 9 — бункер; 10 — автоматические весы; 11 — валцовый ствол; сокращения: III к. — отходы третьей категории; а, 1—11 к. — контроль отходов I и II категории; Мин — минеральные примеси



**Рис. 6. Гидротермическая обработка зерна:**  
 а — холодное кондиционирование; б — скоростное кондиционирование; 1 — моечная машина; 2 — машина микро тонкого шелушения; 3 — увлажнительные машины; 4 — бункера для непрерывного отшелушивания; 5 — дозаторы для зерна; 6 — пропариватель; 7 — бункер для выравнивания температуры зерна; 8 — влагомер; 9 — винтовой конвейер; 10 — обработка; Мин — минеральная примесь (отходы III категории); ЗУ — моечные воды на зерноуловитель; СО — сушка отходов

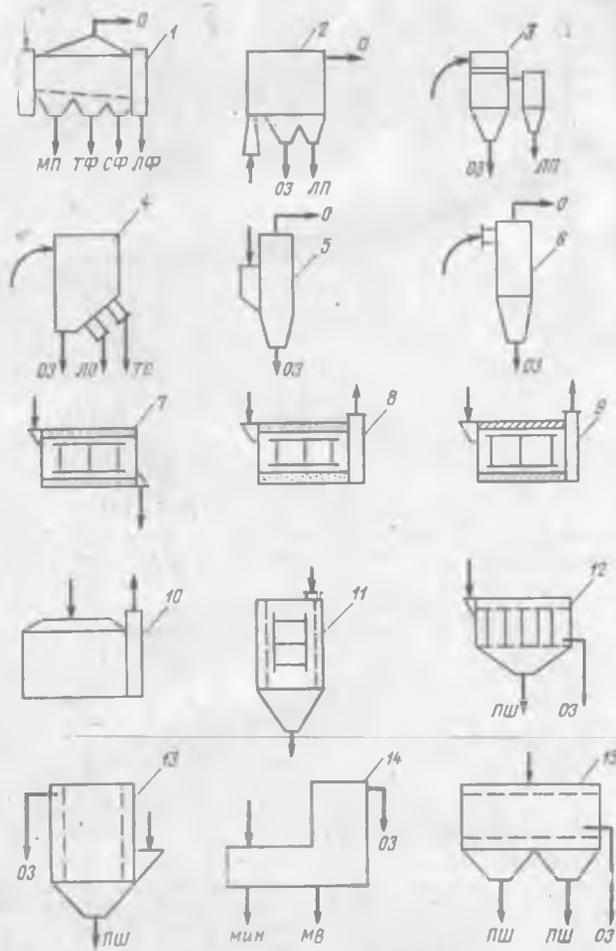


Рис. 8. Технологические схемы машин:

1 — конденсатор А1-ВЗК-9; 2, 3 — пневмоаспиратор БПС; 4 — aspirator РЗ-БСД; 5 — aspirator РЗ-БАБ; 6 — циклон-разгрузитель; 7, 8 — обочные машины с наждачными цилиндрами; 9 — обочная машина со стальными цилиндрами; 10 — щеточная машина; 11 — вертикальная обочная машина РЗ-15МО-8; 12 — обочная машина РЗ-БГО-8; 13 — машина мокрого шелушения А1-БШМ; 14 — моечная машина; 15 — обочная машина РЗ-БГО-8

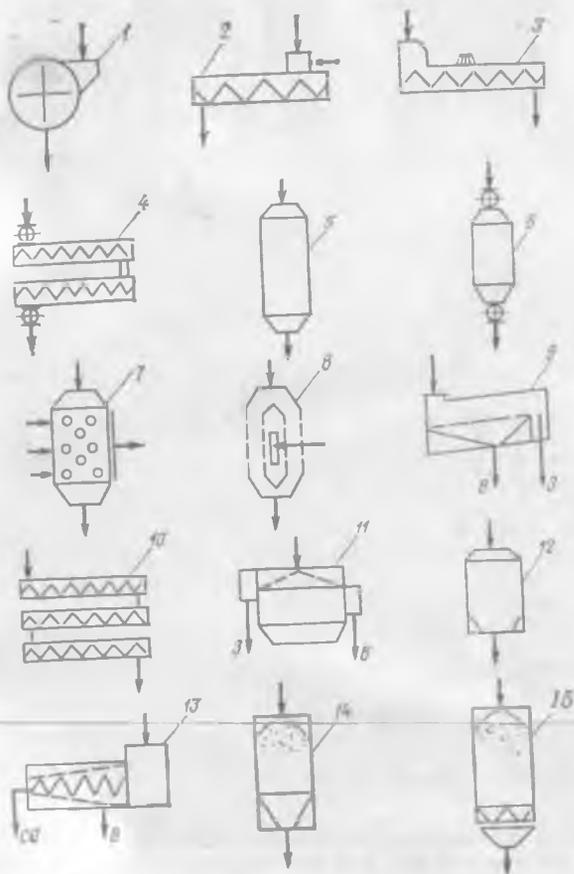


Рис. 9. Технологические схемы машин:

1 — увлажнительная машина ВУВ, ЗУМ; 2 — увлажнительная машина А1-БШМ; 3 — увлажнительные аппараты А1-ВУЗ, А1-ВАЗ; 4 — пропариватель непрерывного действия; 5 — влагоиспытатель; 6 — порционный пропариватель; 7 — сушилка; 8 — охлаждающая колоска; 9 — зерноувлажнитель; 10 — сушилка для отходов; 11 — сепаратор А1-БСТ для контроля моечных вод; 12 — подогреватель зерна; 13 — пресс В8-БПО; 14 — вместимость для зерна и продуктов размолла; 15 — бункер для непрерывного способа отапливания

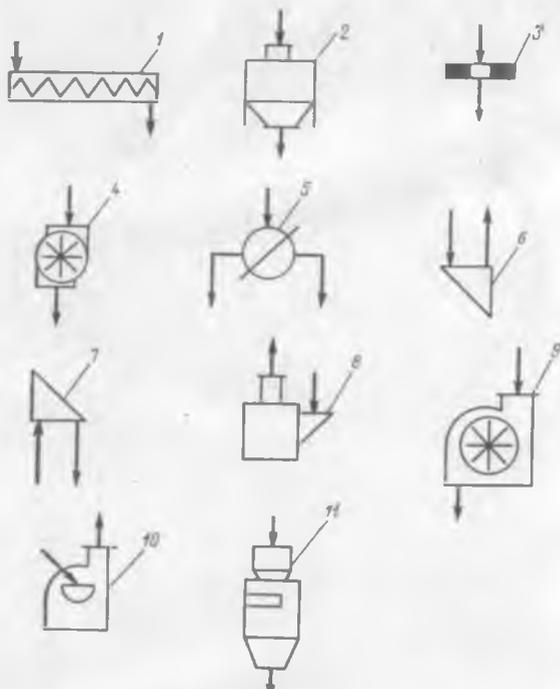


Рис. 10. Технологические схемы машин:  
 1 — винтовой конвейер; 2 — элеватор; 3 — магнитная засыпка; 4 — смеситель-дозатор зерна; 5 — клапан для изменения направления продуктов; 6, 7 — башмак и головка ножа; 8 — пневмоприемник «сопло»; 9 — дробилка; 10 — пневмоприемник с механическим побуждением; 11 — автоматические весы

пают на системы контроля отходов соответствующих категорий. Отходы моченых вод для извлечения из них полезного зерна отделяют от воды.

Гидротермическая обработка зерна в мукомольной технологии строится в несколько этапов. Первый этап обработки и основное отволаживание осуществляются после первичной очистки зерна. Последний этап гидротермической обработки, связанный с пластификацией оболочек, необходимо проводить непосредственно перед начальным измельчением зерна. Это связано с особенностью влагопоглощения и влагопереноса в зерне.

### 1. Примеры обозначения сит в технологических схемах

Сита	Номер сита	Размер и форма рабочего отверстия
С круглой формой отверстия	1—80	∅ 8 мм
	1—80 (4)*	∅ 8 мм
С продолговатой формой отверстия	2а=17×20	□ 1,7×20 мм
	2а=17×20 (2)*	□ 1,7×20 мм
С треугольной формой отверстия	3—55	△ 5,5 мм
	3—55 (4)*	△ 5,5 мм
Металлотканые сита	045	≠ 0,45 мм

\* В скобках показано число сит в группе.

В крупяной технологии гидротермическую обработку необходимо осуществлять непосредственно перед передачей зерна в перерабатывающее отделение с таким расчетом, чтобы время между последней подготовительной операцией и первой операцией перерабатывающего отделения было сведено к минимуму.

Технологические схемы подготовительных процессов должны включать системы для извлечения из зерна металломагнитных примесей. Правилами предусмотрены обязательные места в технологических схемах для установки соответствующего оборудования; данные для крупяных заводов приведены ниже, а для мукомольных заводов — в таблице 3.

### Места установки и нормы магнитных заграждений на крупяных заводах (на 100 т/сут)

Система, машина	Длина магнитов, не менее, м
Перед машинами ударного воздействия	0,8
Перед передачей в перерабатывающее отделение	0,5
Перед шелушильными и шлифовальными машинами	0,8
Перед вальцовыми станками 1-й системы	1,0
Перед вальцовыми станками других систем*	0,4
Перед дробилками	0,8
После дробилок, если необходимо	0,6
После сушилок для крупы	1,0
Контроль продукции:	
Крупа овсяная, рисовая, горох, перловая, кукурузная, Полтавская, Артек	1,2
Крупа дробленая всех культур, ячневая	1,0
Мука продовольственная	1,0
Отходы I, II категорий, мучка	0,8

\* Норма установки — на 1 м длины вальцов.

Культура	Прямоугольное		Круглое		Разгрузочное		Подсеивное	
	Номер	Размер отверстия, мм	Номер	Размер отверстия, мм	Номер	Размер отверстия, мм	Номер	Размер отверстия, мм
Пшеница	1-100...	Ø10	1-60...	Ø6...	1-40	Ø4...	2а-17×20	□1,7×20
	1-140	Ø14	1-80	Ø8	1-60	Ø6		
Рис	1-120...	Ø12...	2а-34×30	□3,4×20	2а-22×20	□2,2×20		
	1-150	Ø15	1-55	Ø5,5...	2а-22×20	2,2×20	1-32	Ø3,2
			1-60	Ø6,0	1-36	Ø3,6		
			2а-30 (40)×20	□3,4×20				
Гречиха	1-120	Ø12	3-70(75)	Δ7 (7,6)	2а-24×20	□2,4×20	2а-20×20	□2,0×20
Просо	1-45	Ø4,5	1-80	Ø3,0	2а-15×20	□1,5×20	2а-14×20	□1,4×20
	1-50	Ø5,0	1-40	Ø4,0	2а-16×20	□1,6×20		
Ячмень	1-120	Ø12	2а-40×20	□4,0×20	2а-24×20	□2,4×20	2а-20×20	□2,0×20
	1-160	Ø16	2а-45×20	□4,5×20				
Горох	1-150	Ø15	1-100	Ø10	1-55	Ø5,5	1-50	Ø5
	1-150	Ø15	2а-40×20...	□4,0×20...	2а-20×20...	□2,0×20	2а-18×20	□1,8×20
Овес	1-150	Ø15	2а-45×20	□4,5×20	2а-22×20	□2,2×20		
			1-100...	Ø10...				
Кукуруза	1-160	Ø16	1-120	Ø12	1-55	Ø5,5	1-50	Ø5

3. Места установки и нормы магнитных заграждений на мукомольных заводах

Место установки	Единица измерения	Длина магнитов, не менее, м
Перед обочными, щеточными и другими шелушительными машинами	На каждую машину	0,3...0,4
Перед вальцовыми станками:		
1 драной системы	100 т/сут	0,4...0,5
других систем	1 м длины вальцов	0,3...0,4
Перед вымольными, щеточными и другими машинами ударного действия	На каждую машину	0,3...0,4
На контроле продукции:		
муки сортовой	100 т/сут	0,7...0,8
муки обойной	100 т/сут	0,8...1,0
манной крупы	10 т/сут	0,8...1,0
отрубей	10 т/сут	0,2...0,3
отходов I, II категорий	10 т/сут	0,2...0,3

Технологические схемы также должны предусматривать взвешивание зерна, отходов и побочных продуктов на автоматических весах для обеспечения объективного контроля выхода подготовленного к переработке зерна и отходов.

Проектирование подготовительного отделения мукомольного завода. Последовательность технологических операций при подготовке зерна к помолу (табл. 4) в основном зависит от вида перерабатываемой культуры, типа помола и способа транспортирования зерна и отходов. Так, при механическом транспорте зерна дополнительно вводится обработка поверхности в обочных машинах с металлическим цилиндром (операция отмечена звездочкой в таблице 4). При пневмотранспортировании зерна дополнительная операция по обработке поверхности исключается, так как поверхность зерна испытывает аналогичное воздействие при прохождении по материалопроводам пневмотранспортных установок. В зависимости от характера и уровня засоренности можно вводить дополнительные технологические системы для надежного обеспечения качества подготовки зерна к помолу.

Конструктивно бункера для неочищенного зерна и отволаживания должны быть выполнены таким образом, чтобы исключить самосортирование зерна и обеспечить поточный или непрерывный способ отволаживания. Для этого днища бункеров должны иметь выпускные отверстия, обеспечивающие равномерное движение зерна «столбом» по всей площади поперечного сечения бункера. Это достигается при устройстве одного выпускного отверстия на 0,6 м<sup>2</sup> площади сечения днища бункера. Для сбора зерна после каждого выпускного отверстия должны быть установлены сборные металлические воронки.

#### 4. Последовательность операций технологического процесса подготовки зерна к помолу

Операция	Типы машин, бункеров	
	Сортовые помолы пшеницы	Сортовые помолы ржи, обойные помолы пшеницы и ржи
Хранение запаса неочищенного зерна	Бункера для неочищенного зерна	
Дозирование	Дозаторы для зерна	
Взвешивание зерна	Автоматические весы	
Подогрев холодного зерна	Аппарат для подогрева зерна	
Первое сепарирование по ширине, толщине и аэродинамическим свойствам	Воздушно-ситовой сепаратор или скальператоры, аспираторы, шкафный сепаратор	
Отделение минеральных примесей	Камнеотделительная машина	
Сепарирование по длине	Куколотборочная и овсюгоотборочная машины	
Первая обработка поверхности	* Обочная машина с металлическим цилиндром или щеточная машина	
Отделение легких примесей	Пневмоаспиратор	
Гидротермическая обработка зерна:		
А. Холодное кондиционирование	Моечная машина, увлажнительный аппарат, бункера для непрерывного отволаживания	Увлажнительный аппарат, бункера для непрерывного отволаживания
Дозирование	Дозаторы для зерна	
Б. Скоростное кондиционирование	Пропариватель непрерывного действия, бункер для выравнивания температуры, моечная машина, влагосниматель, увлажнительный аппарат, бункер для непрерывного отволаживания	
Дозирование	Дозаторы для зерна	
Второе увлажнение и отволаживание	Увлажнительный аппарат, бункер для непрерывного отволаживания	
Дозирование	Дозатора для зерна	
Вторая обработка поверхности зерна	Обочная или щеточная машина	
Второе сепарирование по длине, ширине и аэродинамическим свойствам	Пневмоаспиратор, сепаратор воздушно-ситовой или шкафного типа	
Третья обработка поверхности зерна	Обочная или щеточная машина	
Удаление легких примесей	Пневмоаспиратор	
Доувлажнение	Увлажнительный аппарат, бункер	
Взвешивание подготовленного к помолу зерна	Автоматические весы или расходомер	

\* При механическом транспортировании зерна.

#### 5. Продолжительность отволаживания зерна

Тип помола	Отволаживание	Продолжительность отволаживания, ч
Сортовые помолы пшеницы в хлебопекарную муку	1-е	27
	2-е	9
	3-е	0,5
Сортовые помолы пшеницы для макаронных изделий	1-е	6...8
	2-е	2,5...4
	3-е	0,5
Сортовые помолы ржи	1-е	3...6
	2-е	0,5
Обойный помол пшеницы	1-е	2...3
	2-е	0,5
Обойный помол ржи	1-е	1...2
	2-е	0,5

Продолжительность отволаживания следует принимать по таблице 5. Независимо от способа гидротермической обработки вместимость бункеров для отволаживания при сортовых хлебопекарных и макаронных помолах пшеницы должна обеспечить непрерывную работу размольного отделения в течение не менее чем 36 ч.

При проектировании технологических схем следует учитывать, что оптимального результата можно добиться при максимальном учете индивидуальных особенностей зерна. Поэтому при сортовых помолах пшеницы, особенно для мукомольных заводов производительностью более 200...250 т/сут, на стадии подготовки необходимо предусмотреть две-три параллельные технологические линии для подготовки зерна с различными технологическими свойствами, например низко- и высокотемпературного зерна. Особенно эффективна для ведения технологии раздельная гидротермическая обработка с учетом индивидуальных качественных особенностей зерна. Смешивание отдельных потоков следует производить после завершения гидротермической обработки зерна или непосредственно перед I драной системой.

Более высокие технологические результаты можно получить, когда технологический процесс осуществляется полностью раздельно, как это сделано в двухсекционном мукомольном заводе. В этом случае подготовленное раздельно зерно измельчают также раздельно в соответствующих секциях. Такая технология осуществляется на крупных мукомольных заводах производительностью 500 т/сут и выше.

Проектирование технологической схемы контроля отходов. В соответствии с Правилами контролю подлежат все виды отходов с содержанием полезного зерна свыше 10%. Поэтому при

подготовке зерна к переработке необходимо спроектировать технологические линии контроля отходов I, II, III категорий, отходов куколе- и овсюгоотборчиков, минеральной примеси и моченных вод. Отходы различных категорий и видов могут получаться на одной, двух и более системах технологического процесса. Технология должна предусматривать транспортные устройства для сбора отходов по категориям и их передачу на соответствующие технологические линии для контроля. Отходы III категории выделяются в сепарирующих машинах до мойки зерна, а отходы I, II категорий — после мойки зерна. Для каждой категории отходов установлен накопительный бункер вместимостью на 10...12 ч работы мукомольного завода. С целью обезвреживания карантинных сорняков в технологической схеме контроля необходимо предусмотреть измельчение отходов I и II категорий в дробилках или вальцовых станках. Передачу отходов в цех отходов из подготовительного отделения необходимо осуществлять пневматическим транспортом.

Последовательность операций и типы машин, применяемых для контроля различного вида отходов в подготовительном отделении мельницы, необходимо применять в соответствии с таблицей 6.

Для мукомольных заводов производительностью 500 т/сут и более на пересеве отходов может быть использован воздушно-ситовой сепаратор. Минеральная пыль аспирационных сетей до моченной машины или первого увлажнения, схода с приемных сит сепараторов контролю и взвешиванию не подлежат. В случае использования в технологии операции по выделению мелкого зерна в элеваторах в подготовительном отделении мукомольного завода контроль отходов III категории можно не производить. Все линии контроля отходов в определенной степени увязаны между собой и с основными технологическими линиями.

Проектирование подготовительного отделения на мукомольных заводах, оснащенных комплексным оборудованием. В отличие от традиционной технологии к зерну, поступающему на первую измельчающую систему, предъявляют более высокие требования по выравненности и натуре. Поэтому в элеваторе необходимо спроектировать системы для выделения из зерновой массы мелкой фракции зерна, а также очистку от грубых, случайно попавших и крупных примесей.

На основной стадии подготовку к переработке производят в двух секциях, каждая из которых спроектирована для переработки зерна различной стекловидности. Технологический процесс в секциях может отличаться лишь подбором оборудования для ГТО. При этом могут быть использованы моченные машины, машины для мокрого шелушения, шнеки для интен-

6. Последовательность операций и типы машин для контроля отходов

	Операции	Оборудование
III категории	Контрольное сепарирование Провенание схода	Бурат Аспиратор или аспирационная колонка
I, II категорий	Оперативное хранение Контрольное сепарирование Провенание схода	Бункер Бурат Аспиратор или аспирационная колонка
Минеральные примеси	Удаление металломагнитных примесей Измельчение Взвешивание Оперативное хранение Контрольная обработка	Магнитная колонка Дробилка Автоматические весы Бункера Вибропневматическая камнеотделительная машина
Овсюгоотборника	Контрольное триерование Измельчение Взвешивание на линии отходов I, II категорий	Овсюгоотборник Дробилка Автоматические весы
Куколеотборника	Контрольное триерование Оперативное хранение	Куколеотборник Бункер
Моченные воды	Удаление воды Обезвреживание отходов Предварительная очистка воды	Зерноуловитель Сушилка Бак-отстойник

сивного увлажнения или увлажнительные аппараты другого принципа действия.

Технологический процесс в каждой секции подготовительного отделения осуществляется на двух параллельных линиях одинаковой производительности. После ГТО процесс подготовки осуществляется на одной технологической линии. При проектировании технологического процесса мукомольных заводов на комплексном оборудовании последовательность операций необходимо принимать по таблице 7.

При проектировании операций по обработке поверхности зерна можно использовать обоенные машины как вертикального, так и горизонтального типа. В отличие от традиционной технологии проход воздушно-ситового сепаратора один. Однако эффективность сепарирования зерна в технологическом процессе высокая, так как используется предварительная очистка зерна в элеваторе с выделением мелкой фракции, а также вы-

7. Последовательность операций и типы машин

Операции	Оборудование	
	I вариант	II вариант
Оперативное хранение зерна	Бункер для неочищенного зерна	
Дозирование и смешивание зерна	Дозаторы для зерна, винтовые конвейеры	
Выделение металломагнитной примеси	Магнитные аппараты	
Подогрев зерна	Подогреватели	
Взвешивание	Автоматические весы	
Сепарирование	Воздушно-ситовой с аспирационным каналом	
Выделение минеральной примеси	Вибропневматическая камнеотделительная машина	
Выделение коротких примесей	Куколеотборник	
Выделение длинных примесей	Овсягоотборник	Концентратор
Выделение металломагнитных примесей	Магнитные аппараты	
Обработка поверхности зерна	Обоечная машина вертикального типа	Обоечная машина горизонтального типа
Выделение легких примесей	Пневмоаспиратор	
Выделение металломагнитной примеси	Магнитные сепараторы	
Выделение коротких примесей	—	
Выделение коротких примесей	Куколеотборник	
Гидротермическая обработка, холодное кондиционирование, первый этап	Моечная машина (секция А) Машина мокрого шелушения зерна (секция Б)	Шнеки интенсивного увлажнения Распределительные винтовые конвейеры, бункера для отволаживания
	Винтовые конвейеры, бункера для отволаживания	
Дозирование зерна	Дозаторы для зерна, винтовые конвейеры	
Выделение металломагнитной примеси	Магнитные аппараты	
Выделение легкой примеси	Аспирационные каналы	
Второй этап холодного кондиционирования	Увлажнительный аппарат, винтовые конвейеры, бункера для отволаживания	
Дозирование зерна	Дозаторы для зерна, винтовые конвейеры	
Выделение металломагнитной примеси	Магнитные аппараты	
Обработка поверхности зерна	Обоечная машина вертикального типа	Обоечная машина горизонтального типа
Магнитная защита	Магнитный аппарат	
Уничтожение скрытой зараженности зерна	Энтолейтор-стерилизатор	

Продолжение

Операции	Оборудование	
	I вариант	II вариант
Выделение легких примесей	Аспирационный канал	
Третий этап холодного кондиционирования	Увлажнительный аппарат, смешительный шнек, лажнения, бункер для отволаживания	Шнек интенсивного увлажнения, бункер для отволаживания
Взвешивание зерна	Автоматические весы	

деление легких примесей с применением аспирационных каналов и пневмоаспираторов. Системы для выделения металломагнитной примеси, как и для мукомольных заводов на традиционном оборудовании, устанавливают перед машинами ударного принципа действия. В отличие от традиционной технологии в схеме подготовки использовано принципиально новое оборудование — концентраторы, предназначенные для выделения низконатурных примесей, и энтолейторы-стерилизаторы для уничтожения скрытой зараженности в зерне.

В случае поступления на мукомольный завод зерна с исходной влажностью менее 10% длительность отволаживания на первом и втором этапах должна составлять не менее 48 ч. Это время необходимо принять за основу при расчетах вместимости бункеров. Оперативное хранение неочищенного зерна в каждой секции завода осуществляется в шести бункерах суммарной вместимостью 534 т.

Для обеспечения оптимального управления процессом дозирования бункера снабжены датчиками-сигнализаторами верхнего и нижнего уровней зерна. Для предотвращения самосортирования зерна при выпуске в днищах бункеров с размерами в плане 3×3 м устроено 16 отверстий. Зерно из каждого бункера собирается в воронки У2-БВВ и дозируется с помощью электронно-пневматических дозаторов УРЗ-1 в технологический процесс двумя самостоятельными потоками. Автоматические весы вместимостью ковша 25 кг с частотой отвесов приблизительно 3,5 в минуту обеспечивают равномерность подачи зерна в сепараторы А1-БИС-12 без промежуточного бункера-накопителя.

Аспирационные отсосы сепаратора через горизонтальный циклон А1-БЛЦ, где оседают тяжелые отсосы, попадают в фильтр. Для выделения из зерновой массы минеральной примеси используют камнеотделительную машину РЗ-БКТ флотационного принципа действия. Для извлечения из зерна корот-

ких и длинных примесей применяют дисковые триеры-куколки и овсюгоотборники. Выделенные короткие (куколки) и длинные примеси (овсюг) подлежат обязательному дроблению. После очистки от крупных, минеральных, легких, коротких и длинных примесей поверхность зерна обрабатывается в обочных машинах РЗ-БМО-6 вертикального типа. Обработанное зерно и продукты шелушения выводятся из машины совместно и транспортируются аэрозольтранспортной установкой в пневмоасpirаторы РЗ-БСД, где происходит выделение из зерновой массы продуктов шелушения.

Учитывая различие в физико-химических свойствах высоко-стекловидного и низкостекловидного зерна, в двух секциях мукомольного завода применены различные машины для влажной обработки поверхности зерна. Для секции, где перерабатывается высокостекловидная пшеница (стекловидность более 55%), используют комбинированную мочную машину, а в секции, где перерабатывается низкостекловидная пшеница (стекловидность менее 55%), — машину для мокрого шелушения А1-БМШ.

Для дополнительного увлажнения зерна после мочных машин или машин для мокрого шелушения зерна используется увлажнительный аппарат А1-БУЗ с расходом воды до 300 л/ч. Распределение увлажненного зерна по бункерам для отволаживания осуществляется винтовыми конвейерами. В нижней части корпуса винтового конвейера устроены выпускные отверстия с задвижками, которые позволяют регулировать количество дозируемого зерна. Для отволаживания зерна в каждой секции мукомольного завода имеется по шесть бункеров суммарной вместимостью 380 т. Это достаточно для обеспечения непрерывной работы завода в течение 36 ч. В днищах бункеров для предотвращения самосортирования зерна устроено по 16 отверстий, которые самотечными трубами соединены с конусными воронками У2-БВВ. При поступлении зерна с низкой влажностью (менее 10%) или при необходимости организации дополнительного увлажнения и отволаживания предусматривают доувлажнение зерна в аппаратах А1-БУЗ с последующим отволаживанием. В технологии используется непрерывный (точный) способ отволаживания.

После основного увлажнения и отволаживания осуществляется вторая обработка поверхности зерна сухим способом с применением вертикальных обочных машин. Продукты шелушения направляют в отходы первой категории, а шелушеное зерно обрабатывают в энтолейторах-стерилизаторах для уничтожения насекомых-вредителей и разрушения зерен, имеющих внутренние дефекты. На последующем этапе, в аспираторе РЗ-БАБ происходит выделение из зерновой массы продуктов шелушения, более легких частиц разрушенных в энтолейторе-

8. Количество единиц оборудования подготовительного отделения крупяного завода

Культура	Сепаратор	Крупосортировка	Рассев	Куколки-отборник	Овсюго-отборник	Воздушный сепаратор	Камнеотделительная машина
Просо	3	2	2	—	—	3	1
Гречиха	2	3	3	—	1	1...3	1
Овес	3	1	—	1	1	1	—
Рис	3	—	1	—	—	4	2
Ячмень	3	—	—	1	1	4	1
Горох	2	—	—	—	—	—	—
Кукуруза	2	—	—	—	—	—	1

стерилизаторе дефектных зерен и уничтоженных особей насекомых-вредителей и куколок. На последнем этапе подготовки зерно доувлажняется перед 1 драной системой в аппаратах А1-БАЗ распыляющего действия и отволаживается.

Проектирование подготовительного отделения крупяных заводов. Число зерноочистительных машин необходимо принимать в соответствии с таблицей 8. Для сепарирования зерна на фракции и при очистке его от примесей могут быть использованы и другие типы машин. Указанное число проходов или систем сепараторов не включает сепараторную очистку в элеваторах на предварительном этапе. При выборе числа последовательных проходов зерноочистительных машин могут быть внесены изменения в соответствии с конкретными условиями проектирования. Так, количество систем сепараторов может быть увеличено при отсутствии очистки зерна в элеваторе на предварительном этапе.

Повышенное содержание примесей требует увеличения числа последовательных проходов камнеотделительных машин. При наличии осей, затрудняющих самосортирование зерна при сепарировании и выпуск его из оперативных бункеров, необходимо предусмотреть специальную систему для их удаления.

В крупяной технологии более широко используют фракционные методы сепарирования. В процессе очистки зерна от примесей, его делят на две, три и более фракции, а затем каждую фракцию зерна очищают с учетом специфики засорителей и крупности зерна. Так, при сепарировании гречихи ее делят на две-три фракции с использованием сит первого типа, с круглой формой отверстия, а затем из каждой фракции выделяют трудноотделимые примеси и применяют сита третьего типа с треугольной формой отверстия. Причем предварительное деление гречихи на фракции позволяет более точно подобрать номер сита с треугольной формой отверстия.

При производстве крупы из ячменя на подготовительном этапе необходимо запроектировать системы для выделения и последующего контроля мелкого зерна. Такой же прием используют при подготовке проса к переработке.

В некоторых случаях необходимо предусмотреть деление основного зерна на несколько фракций непосредственно перед главными технологическими операциями в перерабатывающем отделении. Такая операция может быть предусмотрена как в подготовительном, так и в перерабатывающем отделении. Овес делят на крупную и мелкую фракции на последнем сепараторном проходе в зерноочистительном отделении после проведения операции гидротермической обработки. Горох делят на крупную и мелкую фракции с использованием рассевов уже в перерабатывающем отделении. Гречиху сортируют на шесть фракций непосредственно перед операцией шелушения.

Гидротермическую обработку зерна осуществляют по различным технологическим схемам. Так, для гречихи, овса и гороха ГТО проводят с применением операции пропаривания, сушки и охлаждения. Кукурузу и пшеницу обрабатывают по схеме холодного кондиционирования.

В проектируемых технологических схемах необходимо предусмотреть контроль отходов по категориям и при необходимости контроль мелкого зерна. Для контроля можно использовать набор сепарирующих машин, который наиболее целесообразен для данной технологии. Чаще всего отходы контролируют в буратах, крупосортировках, а на заводах производительностью свыше 180 т/сут — в воздушно-ситовых сепараторах. Отходы I и II категорий, а также мелкое зерно подлежат обязательному контролю на наличие металломагнитных примесей и измельчению в дробилках. Передачу отходов и лузги из подготовительного отделения в цех отходов или в комбикормовый завод следует производить преимущественно пневмотранспортом. Для накопления каждой группы отходов, мелкого зерна и кормовой дробленки необходимо предусмотреть бункера вместимостью на 4...8 ч, а для муки и лузги — на 1...2 ч работы крупного завода.

Отходы III категории учитывают совместно с механическими потерями по разности между массой поступающего зерна и суммарным выходом готовой продукции, отходов и побочных продуктов. Некоторые технологии предусматривают совместный весовой учет механических потерь, лузги и отходов III категории.

Вместимость бункеров для хранения отходов и лузги в цехе отходов должна рассчитываться на одни, двое суток непрерывной работы завода (для отходов III категории на 3...5 сут).

## § 2. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ ОТДЕЛЕНИЙ МУКОМОЛЬНЫХ И КРУПЯНЫХ ЗАВОДОВ

Технологический процесс в размольном отделении мукомольного и шелушильном отделении крупяного заводов принято изображать в виде технологических схем, в которых условными элементами в определенной последовательности и взаимосвязи показаны технологические операции. Последние состоят из отдельных систем, где показано движение основных и побочных продуктов, а также дана техническая характеристика. Техническая характеристика системы должна содержать сведения о механико-кинематических параметрах и характере рабочих органов машин, а в системах сортирования — о номерах сит и их количестве в группах.

Движение промежуточных и конечных продуктов от систем к системе чертят сплошной тонкой линией. Направление продуктов можно также показать стрелкой с наименованием той системы, куда транспортируется продукт. Символ системы в технологической схеме показывает применение данной операции на соответствующем этапе технологии. Количество же оборудования в пределах системы должно меняться в зависимости от производительности завода в целом и конкретной производительности данной операции. На рисунках 11, 12, 13 приведены технологические схемы машин, рекомендуемые к применению при изображении технологических схем процессов в перерабатывающих отделениях мукомольных и крупяных заводов.

Технологическую характеристику систем, а также их наименование необходимо проставлять рядом с изображением системы. При использовании в технологических схемах измельчающих и сортирующих систем под одним названием символ измельчающей системы необходимо расположить непосредственно перед символом сортирующей, а название проставить рядом с измельчающей системой.

При изображении технологических схем необходимо пользоваться условными обозначениями и сокращениями, принятыми в отрасли. Построение технологических процессов переработки зерна в муку и крупу, применение специфических технологических приемов, сложность построения отдельных этапов зависят от вида и качества перерабатываемого сырья, ассортимента и качества готовой продукции.

При проектировании технологических схем в размольных и шелушильных отделениях мукомольных и крупяных заводов выбор необходимых технологических операций, количество систем в операции производят применительно к конкретной культуре, типу помола или технологии переработки зерна в крупу. После выбора главных технологических операций решают

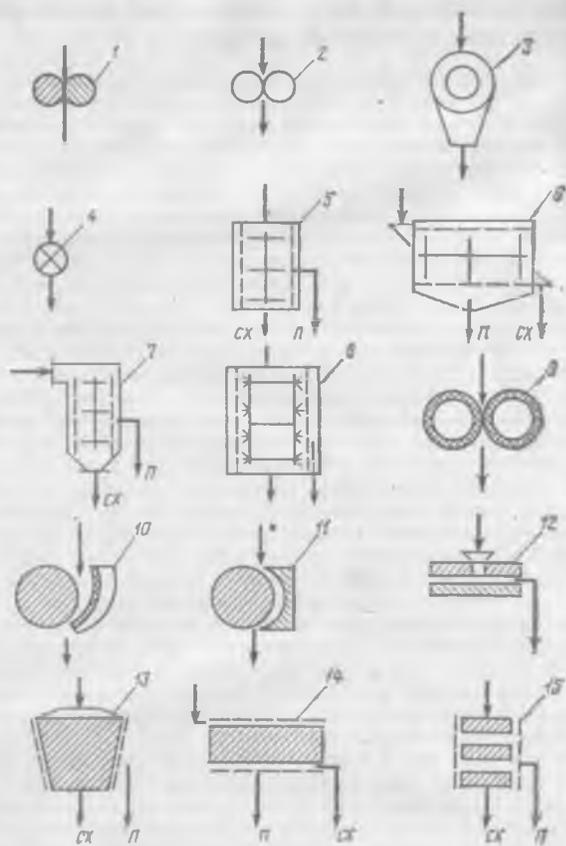


Рис. 11. Технологические схемы машин для измельчения и обработки поверхности зерна:

1 — вальцовый станок с рифленными вальцами; 2 — вальцовый станок с микрошероховатыми вальцами; 3 — ситоветтор; 4 — деташер; 5 — вертикальная вымольная машина; 6 — горизонтальная вымольная машина; 7 — пневмобичежная вымольная машина; 8 — щеточная машина; 9 — шелушитель с обрабатываемыми вальцами; 10 — вальцедоковый станок с клиновидным рабочим зазором; 11 — вальцедоковый станок с серповидной формой рабочего зазора; 12 — шелушильный постав; 13 — шлифовальный постав с конусным барабаном; 14 — горизонтальная шлифовальная машина; 15 — дисковая шелушильно-шлифовальная машина

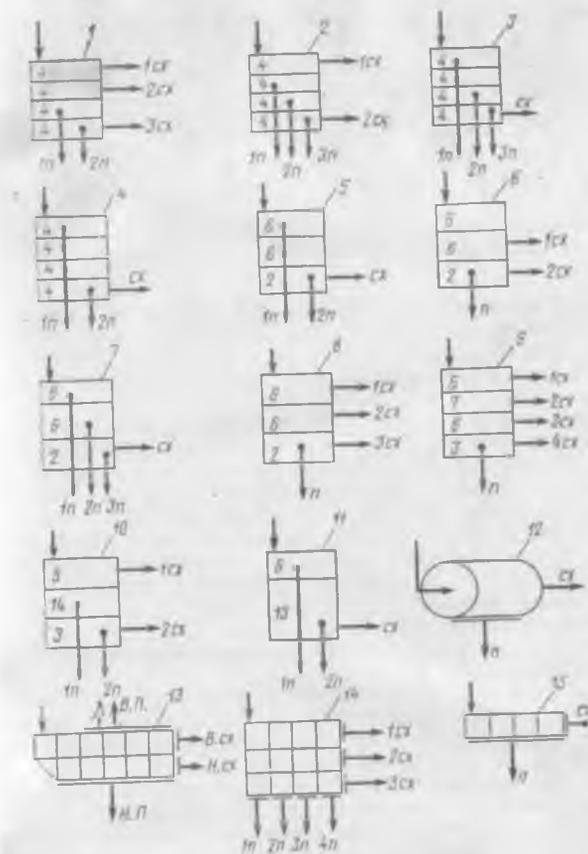


Рис. 12. Технологические схемы машин для сортирования:

1, 2, 3, 4 — 1-я; 2-я, 3-я, 4-я схемы решетов ЗРШ-М; 5, 6, 7, 8 — 1-я, 2-я, 3-я, 4-я схемы решетов А1-БРУ; 9 — решето РЗ-БРБ схема № 1 второго типа; 10 — решето РЗ-БРБ схема № 6 второго типа; 11 — решето РЗ-БРБ схема № 15 третьего типа; 12 — центрофугал; 13 — двухъярусная ситовая машина; 14 — трехъярусная ситовая машина; 15 — одноярусная ситовая машина

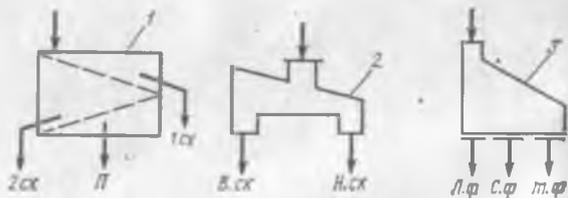


Рис. 13. Технологические схемы машин крупяного завода:  
1 — крупосортировка; 2 — пада-машина; 3 — пневмосортировальный стояк

частные вопросы проектирования технологических схем: подбор и расстановку сит в зависимости от задачи системы на данном этапе, обосновывают направление продуктов и подбирают основные механико-кинематические параметры измельчающих и других машин.

Подбор и расстановку сит на определенных этапах технологии для проектируемых схем необходимо производить в зависимости от гранулометрического состава сортируемых продуктов, от принятой схемы просеивания (от схемы рассева), а также от задачи сортирования на данном этапе. Для оценки гранулометрического состава необходимо знать назначение системы технологического процесса, качественную характеристику поступающего на систему продукта и режим ее работы. В крупяной технологии для оценки гранулометрического состава продукта необходимо пользоваться размерными характеристиками зерна, ядра в различной степени обработанного, дробленого ядра, мучки и т. д.

Конечные продукты технологии необходимо направить на соответствующие контрольные системы. Остальные продукты в зависимости от качественного состояния направляются на последующие системы технологического процесса.

Механико-кинематические параметры валцов измельчающих систем необходимо подбирать по таблицам 9, 10. Меньший предел значений необходимо использовать на первых системах, больший — на последних. В размольных процессах на 4...10-й размольных системах можно устанавливать валцовые станки с валцами с микрошероховатой поверхностью, а для мукомольных заводов, оснащенных комплектом оборудованием, такие валцы необходимо применять на всех шлифовочных и размольных системах.

Проектирование технологических схем помола. Сложные помолы пшеницы осуществляются в развитом драном или начальном крупобразующем процессе, состоящем на 5...6 систем

9. Механико-кинематическая характеристика мелющих валцов для помолов пшеницы

Процессы	л, л/см	у, %	$v_6$ , м/с	$K = v_6/v_m$	Взаимное расположение рифлей
<b>Многосортные помолы</b>					
<b>75—78 % и 72 %</b>					
Драной	3,5...8,5	4...9	6	2,5	сп/сп
Шлифовочный	9...11	6...10	6	1,5	сп/сп
Размольный	10...11	8...10	6	1,5	сп/сп
<b>Двухсортный помол по сокращенной схеме</b>					
Драной	4...8	4...10	6	2,5	сп/сп
Шлифовочный	9...9,5	6...8	6	1,5	сп/сп
Размольный	10...11	8...10	6	2,5...1,5	сп/сп
<b>85 %-ный помол</b>					
Драной	4,5...9	8...10	6	2,5	0/0
Размольный	9,5...11	8...10	6	2,5	0/0
<b>Обойный помол</b>					
Обойный	4,5...7	12...14	6	2,5	0/0
<b>Макаронный помол</b>					
Драной	4...7	10...12	4...4,5	2,5	0/0
Шлифовочный	8...10	12...14	4...4,5	2,5...1,5	0/0
Размольный	10	14	4...4,5	1,5	сп/сп

Примечание. Обозначения по таблице: л — число рифлей на 1 см длины окружности вальца; у — уклон рифли;  $v_6$  — окружная скорость быстровращающегося вальца;  $v_m$  — окружная скорость медленно вращающегося вальца; K — отношение скоростей быстровращающегося и медленно вращающегося валцов.

10. Механико-кинематическая характеристика мелющих валцов для помолов ржи

Процессы	л, л/см	у, %	$v_6$ , м/с	$K = v_6/v_m$	Взаимное расположение рифлей
<b>Сеяный 63 %-ный помол</b>					
Плющильный	—	—	6	1	—
Драной	5...8	6...12	6	2,5	0/0
Размольный	9,5...11	8...10	6	2,5...1,5	сп/сп
<b>Двухсортный 80 %-ный помол</b>					
Драной	4,5...9	8...14	6	2,5	0/0
Размольный	9,5...10	10...14	6	2,5	0/0
<b>Двухсортный 87 %-ный помол</b>					
Драной	4,5...9	10...12	6	2,5	0/0
Размольный	9	10	6	2,5	0/0
<b>Обойный помол</b>					
Обойный	4,5...7	12...14	6	2,5	0/0

с делением некоторых систем на крупные и мелкие. Сортировочный процесс рассматривается как второй этап драного процесса, он состоит из 5...7 систем. Процесс обогащения в ситовечных машинах включает 12...17 систем при раздельном обогащении крупок по крупности и качеству. Шлифовочный процесс состоит из 4...6 систем. Он может быть самостоятельной технологической линией или входить в состав размольного процесса. Размольный процесс состоит из 8...11 систем. Обязателен контроль муки по сортам.

При проектировании технологических схем с выходом муки 75 и 72% необходимо предусмотреть системы, где отбирается дополнительно 3 и 6% муки вместо наиболее высокозольной муки второго сорта. Это могут быть системы, где осуществляется вымол оболочек в драном или размольном процессе (V драная, 9-я размольная, 2-я сходовая, 5-я сортировочная). При отборе мучки в отсеиве следует установить сита № 25, 27, т. е. с большими размерами живого сечения, чем при отборе муки, и проходом этих сит отобрать мучку. Технология также может предусматривать отбор отрубей вместо высокозольной муки второго сорта в количестве 3 и 6% соответственно для помолов с выходом муки 75 и 72%. В этом случае мучку как самостоятельный продукт не отбирают, а на системах, где получают отруби, сита сгущают таким образом, чтобы увеличить общий выход отрубей. Возможен также дополнительный отбор отрубей с других систем.

При проектировании технологической схемы помола пшеницы с выходом муки первого сорта 72% за основу можно взять схему трехсортного помола, но необходимо скорректировать сита для отбора муки. Так, на системах, где отбирается мука высшего сорта, сита для извлечения муки можно принять на номер реже, а на системах, где отбирается мука второго сорта, сита сгущают на один-два номера, что позволит отбирать муку первого сорта.

В сравнении с многосортным хлебопекарным помолом помола твердой и высокостекловидной мягкой пшеницы в муку для макаронных изделий имеют более развитый начальный крупобразующий процесс, что связано с более высокими режимами измельчения по системам и с необходимостью получить максимальное количество крупок и дунстов. Общее число систем драного процесса может быть увеличено до шести с делением второй, третьей, четвертой и пятой систем на крупные и мелкие. Процесс обогащения в ситовечных машинах также более развит, что связано с относительно большим количеством крупок и дунстов, поступивших на обогащение. Макаaronная мука высоких сортов представляет собой смесь дунстов и мелких крупок, которые образуются при шлифовании более круп-

ных крупок. В связи с этим шлифовочный процесс более развит и может состоять из 7...12 систем. Размольный процесс, в котором получается мягкая мука второго сорта, сокращен до 1...3 систем, так как при макаронных помолах мягкой муки получают минимально возможное количество.

Для характеристики технологических схем обычно принимают следующие показатели:

наличие главных технологических операций или процессов, таких, как драная, сортировочная, процесс обогащения в ситовечных машинах, шлифовочный, размольный, контроля;

число систем в каждом из вышеперечисленных процессов; отношение длины вальцовых линий шлифовочных или размольных систем к длине вальцовой линии драных систем  $L_{шл+р}/L_{др}$ ;

отношение площади просеивающей поверхности шлифовочных и размольных систем к площади просеивающей поверхности драных систем  $r_s = S_{ш+р}/S_{др}$ ;

величину просеивающей поверхности, выделенной для контроля муки  $S_k$ ;

длину вальцовой линии каждой измельчающей системы в процентах от общей длины вальцовой линии помола или отдельного процесса  $L_i$ ;

площадь просеивающей поверхности каждой системы в процентах от суммарной площади просеивающей поверхности всех систем помола или отдельного процесса  $S_i$ .

В таблицах 11...14 приведены необходимые для проектирования показатели построения технологических схем. Название помолов в таблицах даны в виде шифра, состоящего из буквенных и цифровых индексов. Буквенная часть индекса, стоящая в начале шифра, обозначает название помола: ПХ — пшеничный хлебопекарный; ПМ — пшеничный макаронный; РХ — ржаной хлебопекарный. Через дефис проставлена цифровая часть индекса, которая означает суммарный выход муки всех сортов. Если в цифровой части шифра через запятые проставлены две или три цифры, то каждая из цифр также означает общий выход муки, но других однотипных помолов. Например, шифр помола ПХ-72, 75, 78 обозначает, что данные таблицы можно использовать при проектировании схем помолов пшеницы в хлебопекарную муку с общим выходом первого сорта 72% или трехсортных помолов пшеницы в хлебопекарную муку с общим выходом 75 или 78%. Третья часть шифра помола представляет собой буквенное обозначение специфики помола. Так, С означает сокращенный двухсортный помол, Т — помол твердой пшеницы в макаронную муку, М — помол мягкой высокостекловидной пшеницы в макаронную муку. Например, шифр ПМ-75, 78-Т обозначает макаронный помол твердой пшеницы с общим

### 11. Характеристика технологических схем помолов

Помол. шифр	Число систем			$r_L = L_{пл+} + p/L_{др}$	$r_S = S_{шл+p}/S_{др}$	S <sub>к</sub> , %
	драных	шлифовочных	размольных			
ПХ-72, 75, 78	5...6	4...5	8...12	1,1...1,3	1,0...1,2	10...14
ПХ-75, 78 С	4...5	1...3	5...6	1,0...1,15	0,8...1,0	10...12
ПХ-83	4...5	—	4...5	0,8...1,0	0,7...0,85	12...15
ПХ-96	4	—	—	—	—	—
ПМ-75, 78-Т	6	8...11	3...4	1...1,4	1...1,65	10
ПМ-75, 78-М	5...6	6...7	4...6	1...1,4	1...1,65	10
РХ-63	6...7	—	5...7	0,7...0,9	0,7...1,0	10...12
РХ-80	4...5	—	3...5	0,3...0,7	0,3...0,7	14...16
РХ-87	4...5	—	1...2	0,2...0,4	0,2...0,3	10...15
РХ-96	3...4	—	—	—	—	25

### 12. Длина вальцовой линии и площадь просеивающей поверхности по системам для хлебопекарных помолов пшеницы, %

Системы	ПХ-72, 75, 78		ПХ-75, 78-С		ПХ-85		ПХ-96	
	L <sub>г</sub>	f <sub>г</sub>						

#### Драной процесс

Системы	ПХ-72, 75, 78	ПХ-75, 78-С	ПХ-85	ПХ-96
Дранные:				
I	18...24	10...13	20...25	12...20
II	22...26	14...18	25...30	20...26
III	22...26	14...18	20...25	12...15
IV	16...22	9...12	10...15	11...20
V	8...14	7...10	10...15	12...19
VI	5...9	4...6	—	—

Системы	ПХ-72, 75, 78	ПХ-75, 78-С	ПХ-85	ПХ-96
Сортировочные:				
1-я	—	4...6	—	7...9
2-я	—	4...6	—	7...9
3-я	—	4...6	—	7...9
4-я	—	4...6	—	—
Пересев	—	12...18	—	7...12
Всего	100	100	100	100

#### Шлифовочный и размольный процесс

Системы	ПХ-72, 75, 78	ПХ-75, 78-С	ПХ-85	ПХ-96
Шлифовочные:				
1-я	4...6	4...7	6...9	7...10
2-я	4...6	4...7	7...9	7...10
3-я	4...6	4...7	—	—
4-я	3...5	4...7	—	—
5-я	3...5	4...5	—	—

Продолжение

Системы	ПХ-72, 75, 78		ПХ-75, 78-С		ПХ-85		ПХ-96	
	L <sub>г</sub>	f <sub>г</sub>						

Системы	ПХ-72, 75, 78	ПХ-75, 78-С	ПХ-85	ПХ-96
Размольные:				
1-я	14...16	12...16	14...20	14...18
2-я	10...13	8...14	10...14	10...14
3-я	8...10	6...10	9...12	8...12
4-я	7...10	4...7	8...11	7...10
5-я	5...7	4...7	6...10	6...10
6-я	4...6	4...7	6...9	6...10
7-я	4...5	4...7	—	—
8-я	3...5	4...7	—	—
9-я	3...5	4...6	—	—
10-я	3...5	4...6	—	—

Системы	ПХ-72, 75, 78	ПХ-75, 78-С	ПХ-85	ПХ-96
Сходо-вые:				
1-я	4...6	4...8	6...9	7...10
2-я	3...5	4...7	—	—
Всего	100	100	100	100

#### Контроль муки

Системы	ПХ-72, 75, 78	ПХ-75, 78-С	ПХ-85	ПХ-96
Высший сорт	—	25...35	—	—
Первый сорт	—	35...55	—	—
Второй сорт	—	15...25	—	35...45
Обойная	—	—	—	—
Всего	100	100	100	100

### 13. Длина вальцовой линии и площадь просеивающей поверхности по системам для макаронных помолов пшеницы, %

Системы	ПМ-75, 78-Т		ПМ-75, 78-М	
	L <sub>г</sub>	f <sub>г</sub>	L <sub>г</sub>	f <sub>г</sub>

Системы	ПМ-75, 78-Т	ПМ-75, 78-М
Дранные:		
I	18...21	13...15
II	18...21	13...15
III	18...21	13...15
IV	15...18	10...12
V	14...16	6...8
VI	5...6	3...4

Системы	ПМ-75, 78-Т	ПМ-75, 78-М
Сортировочные:		
1-я	—	7...8
2-я	—	7...8
3-я	—	3...4
4-я	—	3...4

Продолжение

Системы	ПМ-75, 78-Т		ПМ-75, 78-М	
	$L_1$	$f_1$	$L_1$	$f_1$
5-я	—	3...4	—	3...4
6-я	—	3...4	—	3...4
7-я и последующие	—	3...4	—	—
Всего	100	100	100	100
Шлифовочные:				
1-я	13...15	12...14	13...15	13...15
2-я	13...15	12...14	13...15	13...15
3-я	13...15	12...14	13...15	13...15
4-я	13...15	12...14	13...15	13...15
5-я	13...15	12...14	13...15	13...15
6-я	6...8	6...8	6...8	6...8
7-я	6...8	6...8	—	—
8-я	6...8	6...8	—	—
9-я — сходов	6...8	6...8	—	—
Размольные:				
1-я	6...8	6...8	6...8	6...8
2-я	6...8	6...8	6...8	6...8
3-я	3...5	3...5	6...8	6...8
4-я и последующие	—	—	6...8	6...8
Всего	100	100	100	100
Контроль муки:				
полукрупки	—	50	—	50
второй сорт	—	50	—	50
Всего	1	100		100

14. Длина вальцовой линии и площадь просеивающей поверхности по системам для хлебопекарных помолов ржи, %

Системы	РХ-63		РХ-80		РХ-87		РХ-85	
	$L_1$	$f_1$	$L_1$	$f_1$	$L_1$	$f_1$	$L_1$	$f_1$
Плющильная	11...21	8...12	—	—	—	—	—	—
Дранные:								
I	17...21	15...17	20...25	17...22	20...26	18...26	25...33	25...33
II	17...21	15...17	20...25	17...22	20...26	18...26	25...33	25...33
III	11...17	15...17	20...25	17...22	20...26	18...26	17...25	17...25
IV	11...17	11...14	17...20	11...17	15...22	9...13	17...25	17...25
V	7...11	11...14	8...20	11...17	10...15	9...13	—	—
Пересев	—	8...12	—	11...17	—	9...13	—	—
Всего	100	100	100	100	100	100	100	100
Размольные:								
1-я	15...25	12...22	20	35...40	50...60	50	—	—
2-я	15...19	12...22	20	18...20	40...50	50	—	—

Продолжение

Системы	РХ-63		РХ-80		РХ-87		РХ-85	
	$L_1$	$f_1$	$L_1$	$f_1$	$L_1$	$f_1$	$L_1$	$f_1$
3-я	15...19	12...22	20	18...20	—	—	—	—
4-я	8...15	8...13	20	15...18	—	—	—	—
5-я	8...15	8...13	20	15...18	—	—	—	—
6-я	8...15	8...13	—	—	—	—	—	—
Всего	100	100	100	100	100	100	—	—
Контроль муки:								
сеяной	—	100	—	25...33	—	—	—	—
обдирной	—	—	—	67...75	—	100	—	—
обойной	—	—	—	—	—	—	—	100
Всего		100		100		100		100

выходом муки 78 или 75%. Шифр ПМ-75, 78-М означает макаронный помол высокостекловидной мягкой пшеницы, а шифр ПХ-75, 78-С — помол пшеницы а хлебопекарную муку с общим выходом первого и второго сортов 75 или 78% по сокращенной технологии.

При пользовании данными таблиц следует иметь в виду, что приведенные характеристики технологических схем носят примерный или ориентировочный характер. Так, для многосортных помолов пшеницы, особенно для помолов пшеницы в макаронную муку, дранные системы, начиная со второй, могут быть разделены на крупные и мелкие. При этом соотношение между крупной и мелкой системой колеблется как 3:1, 2:1. Следовательно, при нахождении длины вальцовой линии или площади просеивающей поверхности раздельно по крупной и мелкой системам необходимо воспользоваться приведенными выше соотношениями. В технологических схемах также в больших пределах изменяется число систем пересева. Так, кроме традиционных систем сортирования муки, крупок и дунстов, после I, II, III, IV дранных систем и пересева проходов вымольных машин могут быть добавлены следующие системы: пересева дунстов после шлифовочных систем; пересева сходов ситовечных машин, пересева отрубей, относоз фильтров и т. п.

В достаточном большом диапазоне может изменяться также число шлифовочных и размольных систем. В случае если в запроектированной схеме число систем процесса не совпадает

с данными, приведенными в таблице, т.е. для выделения вальцово-вой линии или просеивающей поверхности дополнительным системам необходимо перераспределить суммарную вальцовую линию или просеивающую поверхность соответствующего процесса. При этом общая длина вальцовой линии или площадь просеивающей поверхности не должна меняться значительно, чтобы не нарушить соотношение  $S_{ш+р}/S_{др}$  и  $L_{ш+р}/L_{др}$ .

**Проектирование технологических схем помола мукомольных заводов на комплектном оборудовании.** В отличие от традиционной технологии драной процесс осуществляется на четырех системах, из которых третья и четвертая системы разделены на крупную и мелкую. Вторая драная система не делится на крупную и мелкую, что можно объяснить необходимостью стабилизации нагрузок на системы и обеспечения надежности автоматизации управления процессом на данном этапе. Все фракции крупок и дунстов драного процесса обогащаются в ситовечных машинах, кроме мягких дунстов. С каждой драной системы, кроме второй, отбирают муку. Кроме того, смесь крупок, дунстов и муки дополнительно сортируют на втором этапе (система сортировок № 1, 2). Схода с драных рассевов, как и по традиционной технологии, направляются на последующие драные системы после отсева извлеченных продуктов. Эндосперм из оболочек вымалывают в горизонтальных вымольных машинах, начиная с третьей драной системы.

Ситовечный процесс включает десять систем с использованием трехъярусных ситовечных машин с последовательным обогащением продуктов. На каждую ситовечную машину поступает, как правило, одна фракция продуктов, что позволяет эффективно осуществлять процесс обогащения. Первые проходы ситовечных машин, как наиболее низкозольные продукты, направляются на размольные системы, вторые проходы (проходы последних сит нижнего яруса) — на шлифовочные системы, а сходовые фракции, в зависимости от качества и крупности, возвращаются в драной процесс: шлифуются или обрабатываются на размольных системах, выполняющих функции вымольных.

В данной технологии применяют сокращенный шлифовочный процесс, состоящий из двух систем. Режим шлифования интенсивный и осуществляется в вальцовых станках (вальцы с микрошероховатой поверхностью) с последующей обработкой в деташерах. В них происходит дополнительное измельчение предразрушенных частиц и разрыхление агрегатированных образований. При сортировании продуктов измельчения выделяется мука и схода, направляемые в зависимости от качества на соответствующие системы.

Размольный процесс осуществляется на 11-й—12-й системах

Рабочая поверхность вальцов микрошероховатая, за исключением последней размольной системы, где установлены рифленые вальцы. В технологии применяется двухстадийное измельчение продуктов на всех этапах размольного процесса. На первых трех размольных системах используется сочетание вальцовых станок — энтолейтор, на последующих системах — вальцовый станок — деташер. Размольный процесс по своему структурному образованию разделен на группы по три-четыре системы в каждой. Начальные системы каждой группы предназначены для максимального извлечения муки с минимальной зольностью, а последняя система в каждой группе выполняет функцию вымольной или сходовой, где обрабатываются схода с предыдущих систем.

В драном, шлифовочном и размольном процессах применяются вальцовые станки с водяным охлаждением быстровращающегося вальца, что снижает испарение влаги, длительное время сохраняется заложенное на стадии подготовки зерна дифференцированное распределение влаги между оболочками и эндоспермом, оболочки остаются пластичными вплоть до последних драных систем. Это способствует высокому избирательному измельчению зерна. Сочетание микрошероховатых вальцов с доизмельчителями — энтолейторами или разрыхлителями — деташерами также способствует сохранению оболочек в целостности при общей высокой степени измельчения продуктов. Все это способствует получению муки с незначительным содержанием оболочек и низкой зольностью.

В таблицах 15, 16 приведены технические показатели схем и техническая характеристика мелющих вальцов вальцовых станков для секции, перерабатывающей пшеницу со стекловидностью более 55%. Для секции, перерабатывающей пшеницу со стекловидностью менее 55%, увеличен уклон рифлей соответственно на I, II драных системах до 6% и на IV драной системе — до 8%. Также для интенсификации крупнообразующего процесса на IV драной системе принято взаиморасположение рифлей «острие по острию». Для размольных и шлифовочных систем параметр шероховатости принят  $R_a=2,18$  мкм вместо 2,44 мкм для секции, перерабатывающей высокостекловидное зерно.

При проектировании технологических схем в размольном отделении применяют 21 схему рассева для различных этапов технологии. По структуре эти схемы можно разделить на три типа. Технологических схем рассевов РЗ-БРБ первого типа — шесть, они имеют четыре группы сит и предназначены для получения трех-четырех сходовых фракций и одной-двух сходовых фракций. Такого рода схемы используют в драном процессе и на некоторых сходовых размольных системах.

15. Технические показатели схем размола зерна для мукомольных заводов на комплектном оборудовании

Показатели	Секции для размола зерна со стекловидностью	
	более 55 %	менее 55 %
Производительность, т/сут	500	500
Длина вальцово-й линии, см	3600	3600
$L_{др}$ , см	1300	1400
$L_{р+шл}$ , см	2300	2200
$L_{р+шл}/L_{др}$	1,769	1,571
Удельная нагрузка на вальцовую линию, кг/(см·сут)	69,4	69,4
Площадь просеивающей поверхности, м <sup>2</sup>	186,375	186,375
$S_{др}$ , м <sup>2</sup>	89,034	89,034
$S_{р+шл}$ , м <sup>2</sup>	79,662	79,662
$S_{ш}$ , м <sup>2</sup>	17,679	17,679
Удельная нагрузка на просеивающую поверхность, кг/(м <sup>2</sup> ·сут)	1341	1341
$S_{др+р}/S_{др}$	0,895	0,895
Ширина приемных сит ситовечных машин, см	396	396
Удельная нагрузка на ситовечные машины, кг/(см·сут)	631,3	631,3

16. Техническая характеристика вальцовых станков мукомольных заводов на комплектном оборудовании секции высокостекловидного зерна

Системы	$l$ , л/см	$u$ , %	$K = \sigma_6/\sigma_{ш}$	$v_{др}$ , м/с	Взаиморасположение рифлей	$R_d$ , мм
<b>Драные:</b>						
I	4,1	4	2,5	6	сп/сп	—
II	5,4	4	2,5	6	сп/сп	—
III крупная	7,0	6	2,5	6	сп/сп	—
III мелкая	8,6	6	2,5	6	сп/сп	—
IV крупная	9,2	6	2,5	6	сп/сп	—
IV мелкая	10,2	6	2,5	6	сп/сп*	—
<b>Шлифовочные:</b>						
1-я	—	—	1,25	5,2	—	2,44
2-я	—	—	1,25	5,2	—	2,44
<b>Размольные:</b>						
1-я крупная и мелкая	—	—	1,25	5,2	—	2,44
2-я крупная и мелкая	—	—	1,25	5,2	—	2,44
3-я	—	—	1,25	5,2	—	2,44
4-я	—	—	1,25	5,2	—	2,44
5-я	—	—	1,25	5,2	—	2,44
6-я	—	—	1,25	5,2	—	2,44
7-я	—	—	1,25	5,2	—	2,44

Продолжение

Системы	$l$ , л/см	$u$ , %	$K = \sigma_6/\sigma_{ш}$	$v_{др}$ , м/с	Взаиморасположение рифлей	$R_d$ , мм
8-я	—	—	1,25	5,2	—	2,44
9-я	—	—	1,25	5,2	—	2,44
10-я	—	—	1,25	5,2	—	2,44
11-я	—	—	1,25	5,2	—	2,44
12-я	15,3	—	2,5	5,2	ос/ос	—

\* Для стекловидности зерна менее 55 % — ос/ос.

Технологические схемы рассева РЗ-БРБ второго типа имеют три группы сит и предназначены для получения двух сходовых и двух проходовых фракций. Технологические схемы второго типа необходимо использовать на IV драной системе мелкой, а также на сортировочных, шлифовочных и размольных системах, кроме 4-й размольной системы, где применяется схема первого типа. Всего технологических схем второго типа тринадцать.

Технологические схемы рассевов РЗ-БРБ третьего типа (всего две схемы) предназначены для получения двух проходовых и одной сходовой фракции и используются на контрольных операциях. Структура технологических схем строго соответствует той операции, которую выполняет каждый рассев.

Проектирование технологических схем шелушильного отделения крупяного завода. Степень развитости и особенность технологических операций зависит от индивидуальных свойств применяемой культуры, вида готовой продукции и характеристики применяемого оборудования.

Общие принципы проектирования технологических схем следующие.

1. На начальном этапе необходимо анализировать свойства зерна соответствующей крупяной культуры, его фракционный состав для правильного выбора главных технологических операций.

2. Если размеры зерна варьируются в значительных пределах, то необходимо запроектировать операции предварительного сортирования зерна. Наличие этой операции зависит от типа применяемого оборудования для шелушения и от организации процесса крупноотделения. Так, при шелушении зерна в шелушителях с мягкой резиновой поверхностью зерно можно шелушить несортированное по крупности. Использование же на этой операции шелушителей с абразивными рабочими поверхностями и жестким рабочим зазором приведет к значительному дроблению ядра крупяной культуры. Если операция крупноотделе-

ния осуществляется на различии геометрических размеров зерна и ядра с применением сит, то предварительное фракционирование позволит более эффективно осуществить эту операцию.

3. Операцию шелушения проектируют в зависимости от степени связи оболочек с ядром. Если оболочки не срываются с ядром, то достаточно незначительных усилий для шелушения, и поэтому необходимо использовать соответствующий тип шелушителя и технологическую схему. При прочной связи оболочек с ядром необходимы другой тип шелушителя и соответствующая схема процесса.

4. Операции шлифования, полирования, дробления, плющения проектируют в зависимости от вида и качества зерна, вида готовой продукции и эффективности применяемого оборудования.

5. Контрольные операции также проектируют в зависимости от вида сырья и готовой продукции.

При проектировании технологических схем необходимо опираться на знание соответствующей технологии, а также использовать разработанные и проверенные на практике типовые проектные решения.

### § 3. РАЗРАБОТКА КОЛИЧЕСТВЕННО-КАЧЕСТВЕННЫХ БАЛАНСОВ

Количественные и качественные изменения, которые происходят с зерном и продуктами переработки в подготовительных и перерабатывающих отделениях мукомольных и крупяных заводов, зависят от режимных параметров, процессов и могут быть описаны уравнениями материальных балансов.

Количественный баланс может быть выражен уравнением

$$C_0 = C_1 + C_2 + \dots + C_i + \dots + C_n = \sum_{i=1}^n C_i,$$

где  $C_0$  — количество поступившего на систему продукта, %;  $C_1, C_2, \dots, C_n$  — количество продуктов, полученных в результате работы системы, %.

В мукомольной технологии произведение количества продукта  $C_i$  на его зольность  $Z_i$  получило название золоединицы, или золопроцента  $Z_0$ .

$$Z_0 = C_i Z_i.$$

Используя это понятие, качественный баланс можно описать уравнениями:

$$Z_{e0} = Z_{e1} + Z_{e2} + \dots + Z_{ei} + \dots + Z_{en} = \sum_{i=1}^n Z_{ei},$$

где  $Z_{e0}$  — количество единиц зольности продукта, поступившего в машину, систему, процесс, %;  $Z_{e1}, Z_{e2}, \dots, Z_{en}$  — количество единиц зольности продуктов, полученных в результате работы машины, системы, процесса, %.

Уравнение качественного баланса можно записать и в другом виде:

$$C_0 Z_0 = C_1 Z_1 + C_2 Z_2 + \dots + C_i Z_i + \dots + C_n Z_n = \sum_{i=1}^n C_i Z_i,$$

где  $Z_0$  — зольность поступающего продукта, %;  $Z_1, Z_2, \dots, Z_n$  — зольности продуктов, полученных в результате работы машины, системы, процесса, %.

Следовательно, качественный баланс это равенство золоединиц продукта, поступившего в машину, систему, процесс с суммой золоединиц продуктов, полученных в результате работы системы, процесса.

Оформляют количественные и качественные балансы в виде специальной таблицы-шахматки (табл. 17). В боковике табли-

17. Форма таблицы-шахматки при проектировании количественно-качественного материального баланса

Системы технологического процесса, начиная с первой	Нагрузка на систему по отношению к первой системе, %	Системы технологического процесса, начиная со второй	Системы контроля технологического процесса	Ковочная продукция технологии или готовая продукция
---	--	--	--	---

Системы технологического процесса

Итоговые строки по отдельным процессам

Всего по технологическому процессу

цы записывают наименование всех систем технологического процесса, начиная с первой. Если технологический процесс состоит из нескольких самостоятельных процессов (например, драной, обогащения, шлифовочной, размольной в сортовом помоле пшеницы), то после каждого процесса вводят итоговую строку.

Данные в таблицу-шахматку необходимо заносить в виде обыкновенной дроби, в числителе которой записывают количество продукта в процентах к первой драной системе, а в знаменателе его зольность. В строках таблицы-шахматки баланса показывают те изменения с конкретным продуктом, которые происходят в результате работы системы технологического процесса. Поэтому в каждую строку необходимо внести данные о количестве поступившего на систему продукта  $C_i$  и продуктах, полученных в результате работы системы  $C_1, C_2, \dots, C_n$  и на-

правленных на последующие системы. Количественные показатели проставляют на пересечении строки и колонок систем, куда поступают продукты по технологической схеме.

Последовательность составления количественного баланса:

1. Определяют суммарное поступление продукта  $C_0$  на  $i$ -ю систему;

2. Пользуясь данными режимов работы системы, находят количество каждого из вновь образованных продуктов;

3. В соответствии с технологической схемой определяют направление движения каждого продукта;

4. Вносят расчетные значения количества продуктов в таблицу-шахматку баланса;

5. Проверяют правильность вычислений по уравнению количественного баланса.

При составлении балансов только перерабатывающих процессов мукомольного или крупяного заводов на первую систему поступит зерно в количестве 100% за вычетом отходов, выделенных в подготовительном отделении.

В связи с этим расчетный выход готовой продукции необходимо пересчитать на выход продукции для баланса

$$C_i^B = \frac{C_i 100}{100 - a_i}$$

где  $C_i^B$  — расчетный выход продукции данного вида или сорта для баланса, %;  $C_i$  — расчетный выход продукции данного вида или сорта из расчета выходов, %;  $a_i$  — расчетное количество отходов, которое должно быть выделено в подготовительном отделении, %.

При расчете готовой продукции для баланса количество отходов можно принять из базисного выхода готовой продукции.

Количественно-качественные балансы позволяют:

- рассчитать и подобрать технологическое оборудование;
- рассчитать транспортное оборудование;
- подобрать оптимальный диаметр трубопроводов гравитационного транспорта;
- рассчитать бункера для оперативного хранения зерна и продуктов переработки;
- сформировать технологические потоки продукции по качеству;
- определить предельный выход продукции данного сорта или вида.

**Балансы мукомольного завода. Количественный баланс подготовительного отделения.** Основой для составления количественного баланса подготовительного процесса является характеристика зерна по содержанию примесей и влаги, а также особенности технологии. На предварительном этапе необходимо определить расчетное значение содержания зерна, отходов по

категориям, мелкого зерна (если предусмотрено технологией) и величину усушки. Количество отходов, выделенное на конкретных системах, определяется с учетом эффективности сепарирования и зависит от типа сепарирующего устройства.

Часть отходов выделяется при обработке поверхности зерна в виде частиц оболочек с различным содержанием минеральной пыли. Массовая доля продуктов шелушения зависит от способа обработки поверхности и параметров режима процесса.

При составлении количественного баланса общее количество отходов, удаляемое при аспирации машины подготовительных отделений, составляет 0,01...0,02% на одну машину. Количество же тяжелых отосов при пневмосортировании достигает 0,09...0,11%.

для составления количественного баланса процесса ГТО за основу следует принимать степень увлажнения зерна:

$$\Delta w = w_k - w_n$$

где  $w_k$  — влажность зерна на первой системе технологического процесса в перерабатывающем отделении мукомольного или крупяного завода, %;  $w_n$  — влажность зерна, поступающего на предприятие (принимается по данным обследования качества зерна), %.

Оптимальная влажность зерна на первой системе технологического процесса мукомольных и крупяных заводов зависит от типа зерна, его качества, а также от типа применяемой технологии.

Степень увлажнения зерна должна быть учтена на всех этапах увлажнения. Увеличение массы зерна производят за счет увлажнения со знаком «минус», а уменьшение массы зерна в отжимных колонках, влагоизматателях, сушилках — за счет усушки со знаком «плюс». В результате составления баланса общее количество подготовленного зерна, выделенных отходов всех категорий, мелкого зерна с учетом усушки должно быть равно 100%.

**Количественный баланс размольного отделения.** Метод составления балансов в размольном отделении сводится к определению гранулометрического состава продуктов на конкретной системе технологического процесса и направлению их в соответствии с технологической схемой. При определении гранулометрического состава учитывают:

- режим измельчения в соответствии с задачей системы, типом помола, перерабатываемой культурой;
- номера или величину рабочих отверстий сит, проходом и сходом которых выводится продукт с предыдущих систем;
- качество продуктов в зависимости от места систем в технологическом процессе;
- качество перерабатываемой партии зерна.

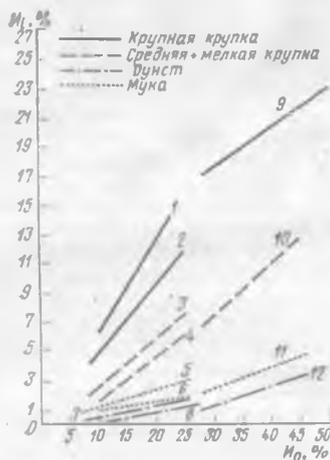


Рис. 14. Зависимость частных извлечений от величины общих извлечений  
1, 4, 6, 8 — III драная система  
2, 3, 5, 7 — I драная система; 9, 10, 11, 12 — II драная система

После оценки гранулометрического состава количество продуктов каждого потока определяют в зависимости от размера рабочих отверстий сит системы сортирования или обогащения, а направления — по технологической схеме. При этом если для одного продукта предусмотрено два направления, то выбирают одно, наиболее целесообразное.

Важным моментом при составлении количественного баланса является выбор режимов измельчения на головных крупорушающих системах, от которых зависит загрузка последующих систем технологического процесса. На рисунке 14 показаны графические зависимости выходов промежуточных продуктов технологии муки из пшеницы в зависимости от величины общих извлечений для сортовых помолов.

Для исследованных диапазонов общих извлечений графические зависимости аппроксимируются линейной функцией вида

$$I_1 = aI_0 + b,$$

где  $I_1$  — величина частного извлечения, %;  $I_0$  — общее извлечение, %;  $a, b$  — постоянные коэффициенты, которые представлены в табл. 18.

Величины извлечений даны по отношению к поступлению зерна на I драную систему.

Соотношение между средней и мелкой крупками зависит от режима измельчения на системе и может быть принято 1:1, 2:1. В таких же соотношениях может изменяться соотношение между количеством продуктов на крупных и мелких системах.

Как правило, при расчетах балансов в первую очередь определяют количество тех продуктов, содержание которых нормировано режимами работы систем. Величины остальных продуктов определяют по разности между поступлением на систему и содержанием нормированных продуктов в смеси.

Следует учитывать, что при сортовых помолах извлеченные в драном процессе крупки и дунсты, т. е. продукты с незначи-

18. Постоянные коэффициенты для расчета частных извлечений продуктов по драным системам

Извлеченный продукт $I_1$	I		II		III	
	a	b	a	b	a	b
Крупная крупка	0,300	0,475	2,820	0,506	0,850	-0,290
Средняя и мелкая крупки	0,320	-0,480	0,366	-3,530	0,034	-2,080
Дунсты	0,068	-0,330	0,118	-2,240	0,068	-0,550
Мука	0,031	0,110	0,154	-2,230	0,048	0,500

тельно содержанием оболочек, в конечном итоге попадают в размольный процесс, где из них получается мука. Поэтому в размольном процессе получают не более 10...15% общего количества отрубей, а остальные в драном процессе.

Технологические схемы контроля муки по сортам составлены таким образом, что схода с контрольных рассевов, как правило, возвращаются на одну из систем размольного процесса, где получается мука данного сорта. Это усложняет составление баланса, так как неизвестно количество продукта, направляемого на размольную систему, потому что поступление на эту систему схода с контрольного рассева трудно определить. Количество схода с контрольного рассева нельзя учесть, так как неизвестно поступление на него муки с этой же размольной системы.

При составлении количественного баланса контроля муки величину схода определяют ориентировочно с таким расчетом, чтобы она составляла несколько меньше 5% относительно расчетного выхода муки данного сорта для баланса. Эту величину записывают в строку баланса контрольного рассева на пересечении с колонкой соответствующей размольной системы, куда поступает сход. Далее суммируют поступление продукта по колонке этой размольной системы с учетом поступления с контрольного рассева. При известном поступлении продукта на размольную систему определяют извлечение муки, направляемой на контрольную систему. Затем составляют баланс контрольной системы, не меняя величины схода, которая была ориентировочно рассчитана ранее.

Количественный баланс считается составленным правильно, если выполняется основное условие баланса — суммарное количество готовой продукции должно быть равно 100%, т. е. условному поступлению зерна на первую систему технологического процесса в размольном отделении. При этом режим работы любой системы технологического процесса, рассчитанный на ос-

нове данных баланса, должен соответствовать рекомендуемым режимам для данной технологии.

**Качественный баланс.** Его можно составлять двумя способами. По первому способу, зная зольность зерна на первой драной системе, находят зольности промежуточных продуктов помола, зольность муки и сходов на контрольных системах, а затем зольность готовой продукции. На зольность промежуточных продуктов по системам оказывают влияние многие факторы, в том числе тип помола, интенсивность ведения процесса, число систем и протяженность процессов, качество зерна по влажности, зольности, стекловидности, тип и состояние технологического оборудования. Следовательно, ошибка в определении зольности любого конкретного продукта на начальном этапе технологии может привести к грубому искажению качества конечных продуктов.

По второму способу вначале составляют баланс зольности готовой продукции и зерна на первой системе процесса. Затем составляют качественный баланс контрольных систем, определяя зольность муки, поступившей на контроль, и зольности сходов. На третьем этапе находят зольность муки на рабочих системах технологического процесса. Это так называемый качественный баланс готовой продукции. Если расчетные значения зольности готовой продукции по системам не нарушают общих закономерностей изменения зольности для данного типа помола, приступают к расчету зольностей промежуточных продуктов. Второй способ предпочтительнее, так как он исключает грубое искажение конечных результатов.

Зольность зерна выбирают по средневзвешенным показателям на основании анализа качества зерна района проектирования. Зольность готовой продукции выбирают в соответствии с качеством зерна, но не более стандартных показателей данного вида готовой продукции и типа помола.

Зольность отрубей зависит от качества перерабатываемого зерна и достигнутого вымола оболочек и при переработке мягкой пшеницы составляет 5,0..6,0%, а при переработке твердой пшеницы — 6,0..7,0%, при переработке ржи — 4,8..6,0%.

Подбор уравнений для составления качественного баланса зависит от типа помола, количества систем на определенных этапах процесса и вида готовой продукции. Так, для трехсортного помола пшеницы в хлебопечарную муку качественный баланс может быть описан уравнением

$$C_0 Z_0 = C_{в.с} \cdot Z_{в.с} + C_{1с} \cdot Z_{1с} + C_{2с} \cdot Z_{2с} + C_{м.кр} \cdot Z_{м.кр} + C_{отр} \cdot Z_{отр},$$

где  $Z_0$ ,  $Z_{в.с}$ ,  $Z_{1с}$ ,  $Z_{2с}$ ,  $Z_{м.кр}$ ,  $Z_{отр}$  — соответственно зольности зерна, муки высшего, первого, второго сортов, манной крупы, отрубей, %;  $C_0$ ,  $C_{в.с}$ ,  $C_{1с}$ ,  $C_{2с}$ ,  $C_{м.кр}$ ,  $C_{отр}$  — соответственно количество зерна, муки высшего, первого, второго сортов, манной крупы, отрубей, %.

Приняв зольности готовой продукции несколько ниже стандартных на данный вид готовой продукции и зная зольность зерна, получают уравнение относительно зольности отрубей, т. е. продукта, количество золединиц которого в общем балансе зольности представляет небольшую величину. В этом случае влияние ошибки в начальном подборе зольностей готовой продукции будет минимальное:

$$Z_{отр} = \frac{Z_0 C_0 - (Z_{в.с} C_{в.с} + Z_{1с} C_{1с} + Z_{2с} C_{2с} + Z_{м.кр} C_{м.кр})}{C_{отр}}$$

На втором этапе составляют качественный баланс контрольных систем.

Уравнение качественного баланса контрольного отсева, например муки высшего сорта, может иметь вид:

$$Z_{в.с} C_{в.с} + Z_{сх} C_{сх} = Z_{в.с}^* C_{в.с}^*$$

где  $Z_{в.с}^*$ ,  $C_{в.с}^*$  — соответственно зольность и количество муки, поступившей на контрольный рассев высшего сорта, %;  $Z_{сх}$ ,  $C_{сх}$  — соответственно зольность и количество схода с контрольного отсева муки высшего сорта, %.

Неизвестными величинами в этом уравнении будет зольность муки, поступившей на контрольный рассев, и зольность схода. Поэтому для составления качественного баланса этого этапа необходимо принять зольность продукта, поступившего на контроль, на 0,01..0,02%, больше зольности готовой продукции и решить уравнение относительно зольности схода:

$$Z_{сх} = \frac{Z_{в.с}^* C_{в.с}^* - Z_{в.с} \cdot C_{в.с}}{C_{сх}}$$

Зольность схода должна быть в 1,2—2,0 раза больше зольности муки соответствующего сорта. Нижний предел принимают для высоких сортов муки, верхний — для муки второго сорта. Аналогично составляют уравнения качественного баланса для контроля муки других сортов.

На третьем этапе составляют качественный баланс муки рабочих систем, которые формируют сорт готовой продукции. Если муку высшего сорта отбирают на 1, 2, 3-й размольных системах, то уравнение баланса будет иметь вид

$$Z_{в.с}^* \cdot C_{в.с}^* = Z_{1р} \cdot C_{1р} + Z_{2р} \cdot C_{2р} + Z_{3р} \cdot C_{3р},$$

где  $Z_{1р}$ ,  $Z_{2р}$ ,  $Z_{3р}$  — соответственно зольности муки, полученной на 1, 2, 3-й размольных системах, %;  $C_{1р}$ ,  $C_{2р}$ ,  $C_{3р}$  — соответственно выхода муки, полученной на 1, 2, 3-й размольных системах, %.

Неизвестными в уравнении будут зольность муки, полученной на рабочих системах. Для составления баланса можно принять зольность муки с 1-й и 2-й размольных систем и решить

уравнение относительно зольности муки на 3-й размольной системе

$$Z_{3P} = \frac{Z_{в.с}^n \cdot C_{в.с}^n - (Z_{1P}C_{1P} + Z_{2P}C_{2P})}{C_{3P}}$$

Подобные уравнения составляют для качественных балансов по другим сортам муки и видам готовой продукции. Для правильного подбора зольности продукции на определенных этапах технологического процесса следует знать основные закономерности движения анатомических частей зерна — носителей зольных элементов по системам технологического процесса.

Качественные балансы систем дражного, сортировочного, шлифовочного процесса, обогащения крупок и т. п. составляют по аналогичной методике.

Балансы крупяных заводов. Для крутяных заводов составляют только количественные балансы отдельно для подготовительных и перерабатывающих процессов. Составляют количественный баланс строго по технологической схеме с учетом принятых схем просеивания, номеров сит и режимов работы технологического оборудования.

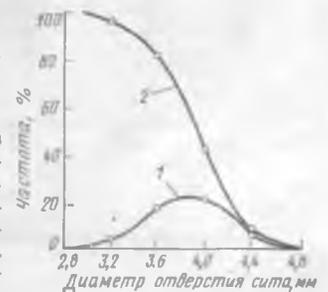
Количественный баланс шелушения и сортирования продуктов шелушения составляют на основе оценки гранулометрического состава продуктов. Количество каждого продукта в смеси будет зависеть от качества зерна, режимов шелушения и типа применяемого оборудования. Для пленчатых культур количество шелушенных зерен можно найти с учетом коэффициента шелушения, пленчатости и дробимости зерна.

Содержание лузги в продуктах шелушения рассчитывают с учетом пленчатости и засоренности зерна. Выход дробленого ядра находят с учетом норм, определяемых Правилами, и в соответствии с качеством зерна. Больше дробленого ядра образуется при шелушении абразивными рабочими органами. При шелушении мягкими (обрезиненными) поверхностями выход дробленого ядра в 1,5—2,0 раза меньше.

Количество муки в продуктах шелушения можно определить, пользуясь данными балансов, снятыми на работающих крупяных заводах. Количество шелушенных зерен находят по разности между поступлением продукта на систему и суммой других продуктов. Направление и количество каждого из продуктов шелушения определяют в соответствии с ситами и принятой схемой сортирования.

Баланс пневмосепарирования лузги составляют таким образом, чтобы общее количество лузги после контрольного сортирования в расходе приблизительно соответствовало расчетному значению для баланса. При составлении баланса разделения шелушенных и нешелушенных зерен в крупоотделителях соот-

Рис. 15. Калибровочные графики распределения и по фракциям крупности: 1 — полигон распределения; 2 — график суммарного выхода



шение между потоками продуктов выбирают в зависимости от конструктивных особенностей и эффективности процесса. После сортирования формируют потоки продуктов в шлифовочный процесс.

При составлении количественного баланса процесса шлифования общий выход муки должен соответствовать ее расчетному значению для баланса и зависит от степени шлифования по данной технологии. Количество дробленого ядра в материальном балансе должно соответствовать его расчетному значению. В основном дробленый продукт выделяется при сортировании продуктов шлифования.

При наличии «заворотов» в технологической схеме, т. е. когда продукты возвращаются с последующих систем на предыдущие, их величины определяют ориентировочно в соответствии с режимом работы системы, схемой сортирования и размером отверстий сит.

При предварительном сортировании зерна на фракции количество каждой фракции зависит от вариации размеров зерна и может быть определено или с помощью ориентировочных балансов или с помощью графиков распределения. При использовании графических зависимостей необходимо учитывать конкретные данные по крупности и выровненности партии зерна. На рисунке 15 показаны графики распределения и суммарного выхода зерна гречихи, позволяющие определить количество каждой фракции в зависимости от принятых номеров сит.

Количественный баланс контрольных систем необходимо составлять с таким расчетом, чтобы общий выход крупы целой, дробленой и муки соответствовал их расчетному выходу. При производстве дробленых круп зерно после подготовки к переработке шелушится, дробится из относительно крупных частицы, шлифуется и полируется для удаления частиц оболочек, зародыша и придания крупе данного номера определенной формы.

При составлении материальных балансов вначале определяют расчетный выход готовой продукции для баланса. Затем, в соответствии с режимами работы, определяют состав продуктов переработки на каждой системе. Направление этих продуктов зависит от принятых схем сортирования и конкретной установки сит.

При составлении количественного баланса ячменезаводов в подготовительном отделении выделяют 5,0% мелкого ячменя, а основную массу зерен шелушат на трех-четырех последовательных системах, где образуется 19...20% лузги и мучки.

При составлении количественного баланса в шелушильном отделении ячменезавода необходимо пользоваться данными по эффективности процессов шлифования и полирования. Общее количество крупы по номерам, а также выход других продуктов ячменезавода должно соответствовать расчетному выходу готовой продукции для баланса.

При производстве крупы из пшеницы в процессе шелушения удаляют около 5% оболочек по отношению к массе зерна на первой системе шелушения, а в шелушильном отделении получают около 30% мучки на системах шлифования и полирования. Большую часть мучки получают на первых системах. При составлении баланса количество готовой продукции по номерам, а также выход побочных продуктов, отходов с учетом усушки должен быть равен расчетному значению этих продуктов для баланса.

Количественные балансы при производстве дробленой крупы из кукурузы, ячневой из ячменя составляют по аналогичным методикам, в основу которых положено знание технологии при производстве соответствующих круп. Большую помощь при составлении балансов могут оказать частные и общие балансы процессов, снятые на работающих предприятиях, а также ориентировочные балансы, приведенные в справочной литературе.

#### Вопросы для самоконтроля

1. От чего зависит последовательность технологических операций при подготовке зерна к переработке?
2. Как влияет внутрицеховой транспорт зерна на построение технологической схемы подготовки?
3. Как влияет вид помола на последовательность и подбор операций при подготовке зерна к помолу?
4. От чего зависит последовательность операций при подготовке крупяных культур к переработке?
5. Как изменяется длительность отволаживания зерна при ГТО для различных помолов?
6. Какие типы сит используют в зерноочистительных машинах и их обозначение на схемах?
7. Какие типы сит используют в отсевах, ситовейках, вымольных машинах и их обозначение на схемах?
8. Как обозначают в технологических схемах механико-кинематические параметры мельющих валцов?
9. Каково соотношение между отдельными процессами для различных помолов по длине валцовой линии и площади просеивающей поверхности?
10. Каково общее число систем и процессов для различных помолов?
11. Как влияет вид перерабатываемой культуры на построение технологии в шелушильном отделении крупозавода?
12. Как разрабатывают количественные и качественные балансы процессов мукомольных и крупяных заводов?

### III глава

## РАСЧЕТ И ПОДБОР ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

### § 1. ПРИНЦИПЫ РАСЧЕТА И ПОДБОРА ОБОРУДОВАНИЯ

Произвести расчет — это значит подобрать необходимое число оборудования с заданными функциями, которое обеспечило бы надежную работу завода по проектируемой технологии. Для расчета технологического оборудования необходимо иметь:

- производительность предприятия;
- нормы нагрузок или паспортную производительность технологического оборудования;
- количественный баланс для определения загрузки систем технологического процесса.

При расчете и подборе технологического оборудования необходимо руководствоваться следующими положениями:

1. Расчет вести строго в соответствии с технологической схемой. Это значит, что все технологическое оборудование должно быть рассчитано, т. е. определено его число, принята марка или тип, а также производительность на данном этапе. При наличии в технологических схемах одноименного оборудования, выполняющего равные функции с одинаковой производительностью, но на разных этапах, допускается расчет производить только для первого этапа. Для последующих этапов необходимо подобрать аналогичное оборудование, о чем должна быть соответствующая запись.

2. Подбирать оборудование максимальной производительности, которое может быть оптимально загружено на данной технологической операции.

3. Стремиться к выбору оборудования одной производительности.

4. Выбирать наиболее современное и экономичное оборудование.

5. Технологическое оборудование должно быть оптимально загружено на проектируемом предприятии. Допускается некоторая перегрузка или недогрузка оборудования. Причем величину перегрузки или недогрузки выбирают конкретно по каждому виду оборудования. Значительная перегрузка, как прави-

ло, снижает технологическую эффективность операций и надежность работы оборудования. Недогруженность оборудования на конкретном этапе технологии приводит к низкому коэффициенту использования оборудования по производительности, к повышенному расходу электроэнергии к снижению коэффициента мощности предприятия.

В соответствии с требованиями технологии для повышения надежности работы предприятия допускается использование запасного оборудования. В этом случае фактическое число оборудования на данной операции должно быть увеличено на единицу, т. е.

$$n_{\phi} = n_p + 1,$$

где  $n_{\phi}$  — фактическое число оборудования на данной операции;  $n_p$  — расчетное число оборудования.

К такому типу оборудования можно отнести мешкозащивочные машины в упаковочном отделении, шлифовочные машины в шелушильном отделении крупных заводов и т. п. Запасное оборудование, если оно предусмотрено в проекте, должно быть включено в коммуникационную схему завода и без значительных затрат включаться в работу основного оборудования. В результате расчетов общее число оборудования по маркам и типоразмерам должно быть кратно единице.

## § 2. РАСЧЕТ БУНКЕРОВ ДЛЯ ОПЕРАТИВНОГО ХРАНЕНИЯ ЗЕРНА И ПРОДУКТОВ ТЕХНОЛОГИИ

На мукомольных и крупяных заводах бункера используют для оперативного хранения зерна, промежуточных и конечных продуктов. Вместимость бункеров будет зависеть от их назначения, объемной массы хранящегося продукта, а также от геометрических размеров. Наибольшую вместимость должны иметь бункера, обеспечивающие длительное оперативное хранение зерна и других продуктов. Фактическая вместимость бункера всегда несколько меньше его геометрического объема. Последнее связано с необходимостью устройства конусных дна у бункеров, а также со свойством сыпучих материалов располагаться при загрузке под углом естественного откоса. Кроме того, фактический объем уменьшается на половину толщины стенки бункера, так как строительный объем получается после умножения размеров бункера по осевым линиям (рис. 16). При прямоугольном сечении бункера строительный объем будет равен площади основания на высоту:

$$V_c = abh,$$

где  $V_c$  — строительный объем, м<sup>3</sup>;  $a, b$  — размеры бункера в плане, м;  $h$  — высота бункера, м.

Рис. 16. Фактическое использование оперативного бункера



Объем, занимаемый продуктом, будет складываться из трех объемов  $V_1, V_2, V_3$ .

$$\text{При } a=b \quad V_1 = \frac{1}{3}(a-\delta)^2 h_1.$$

Объем  $V_2$  представляет собой объем прямоугольного параллелепипеда с размерами основания  $a, b$  и высотой  $h_2$ .

$$\text{При } a=b \quad V_2 = (a-\delta)^2 h_2.$$

Объем  $V_3$  представляет собой объем усеченной пирамиды с размерами основания  $a_1, b_1$  и высотой  $R_2$ :

$$V_3 = \frac{1}{3} h_2 (S_1 + \sqrt{S_1 S_2} + S_2),$$

где  $S_1$  — площадь большого основания пирамиды, м<sup>2</sup>;  $S_2$  — площадь меньшего основания пирамиды, м<sup>2</sup>.

Суммарный полезный объем

$$V_0 = V_1 + V_2 + V_3.$$

Отсюда коэффициент использования объема бункера

$$K_n = V_0 / V_c.$$

Следовательно, величина коэффициента использования объема бункера будет зависеть от его геометрических размеров и от свойств хранящегося продукта.

На проектируемых предприятиях чаще всего используют бункера из сборного железобетона, которые монтируют из отдельных элементов с размерами в плане 3×3 м и высотой 1,2 м. При устройстве бункеров для огволаживания зерна стандартный строительный элемент можно разделить поперечными перегородками таким образом, что из одного бункера размерами в плане 3×3 м получается четыре размера в плане по оси 1,5×1,5 м. Величину коэффициента использования объема  $K_n$  принимают в зависимости от соотношения высоты бункера и характерного размера в плане.

Так, при  $h/b < 3$   $K_n = 0,85 \dots 0,90$ ; при  $h/b = 3$   $K_n = 0,85$ ; при  $h/b = 1,5$   $K_n = 0,8$ ; при  $h/b = 1$   $K_n = 0,65 \dots 0,70$ .

При пятиэтажном здании бункера чаще всего располагают

49. Продолжительность оперативного хранения зерна и продуктов его переработки

Продолжительность хранения	Мукомольный завод	Крупяной завод
Запас зерна в элеваторе, мес	3,0	3,0
Подготовленного зерна к передаче на завод, сут	2,0...3,0	—
Неочищенного зерна, ч	Не менее 30,0	24,0...30,0
Зерна для отволаживания, ч:		
пшеницы	Не менее 36,0	0,5...2,0
ржи	3,0...6,0	—
кукурузы	—	2,0...3,0
Зерна перед пропариванием неруша, ч	—	На двукратную вместимость пропаривателя
Зерна перед сушкой, ч	—	1,0...1,5
Отходов на заводе, ч	10,0...12,0	8,0
Мучки на заводе, ч	—	1,0...2,0
Отрубей, сут	4	—
Отрубей при наличии комбикормового цеха, сут	2	—
Отходов в цехе отходов, сут	3,0...5,0	1,0...2,0
Лузга, сут	—	1,0...2,0
Муки, крупы, сут	10,0	14,0

20. Объемная масса зерна, побочных продуктов и отходов, кг/м³

Культура	Зерно	Отруби		Мука	Лузга	Зародыш	Отходы	
		рассыпные	гранулированные				I, II категории	III категория
Пшеница	750...790	220...320	590...600	—	—	—	350	400
Рожь	—	300...350	590...600	—	—	—	350	—
Гречиха	610	—	—	—	193	—	—	—
Овес	521	—	—	460	140	—	—	—
Рис	495	—	—	489	150	—	—	—
Ячмень	715	—	—	—	210	—	—	—
Горох	771	—	—	670	—	—	—	—
Просо	728	—	—	400	203	—	—	—
Кукуруза	767	—	—	—	—	319	—	—

на двух этажах по высоте. При здании повышенной этажности бункера можно располагать на трех этажах. В конечном итоге выбор размеров бункеров диктуется чисто техническими соображениями и зависит от конкретных условий проектирования.

Время оперативного хранения зерна и продуктов в бункерах должно обеспечить оптимальное функционирование технологических процессов и может быть принято по таблице 19. Кроме времени хранения, на вместимость бункеров оказывают влияние также физические свойства продуктов (табл. 20...22).

21. Объемная масса готовой продукции из зерна различных культур, кг/м³

Культура	Мука, сорт				
	крупка, полу-крупка	высший	первый	второй	обойная
Пшеница	600	550...600	530...560	520...540	350...400
Рожь	—	—	500...560	350...400	350...400
Просо	—	—	—	—	—
Гречиха	—	—	—	—	—
Овес	—	—	—	—	—
Рис	—	—	—	—	—
Ячмень	—	—	—	—	—
Горох	—	—	—	579	—
Кукуруза	—	—	—	—	—

Продолжение

Культура	Крупа						
	целая	дробленая	Номер дробленой крупы				
			1	2	3	4	5
Пшеница	—	—	840	840	808	808	734
Рожь	—	—	—	—	—	—	—
Просо	825	800	—	—	—	—	—
Гречиха	786	693	—	—	—	—	—
Овес	769	631	—	—	—	—	—
Рис	860	872	—	—	—	—	—
Ячмень	—	—	824	824	808	808	802
Горох	795	825	—	—	—	—	—
Кукуруза	—	—	745	745	772	772	—

22. Угол естественного откоса для зерна и продуктов переработки, град

Культура	Зерно	Мука	Отруби	Мука	Отходы	Лузга
Пшеница	25...30	50...55	40...45	41...45	39...45	—
Рожь	27...32	50...65	40...44	41...45	38...66	—
Овес	28...50	—	—	50...60	—	37...39
Ячмень	28...45	—	—	45...55	—	38...40
Рис	28...37	—	—	50...60	35...39	38...45
Гречиха	27...31	—	—	—	—	35...36
Горох	28	—	—	45...50	29...33	34...36
Просо	22...27	—	—	40...45	—	40...45
Кукуруза	28...40	50...55	—	45...50	—	—

Расчет бункеров необходимо производить в следующей последовательности. Вначале определяют теоретически необходимое или расчетное значение вместимости бункера  $E_p$  ( $m^3$ ):

$$E_p = \frac{Q\tau C_n \cdot 1000}{\gamma \cdot 24 \cdot 100}$$

где  $Q$  — производительность мукомольного или крупяного завода, т/сут;  $\tau$  — продолжительность оперативного хранения зерна, ч;  $\gamma$  — объемная масса продукта,  $kg/m^3$ ;  $C_n$  — нагрузка на систему (поступление от производительности завода), %.

Нагрузка на систему  $C_n$  — меняется в зависимости от принципиального построения технологического процесса. Так, при расчете бункера для зерна, если оно не делится на фракции,  $C_n = 100\%$ . При расчете вместимости бункера над технологическим оборудованием и для конечных продуктов технологии величину  $C_n$  — принимают в соответствии с данными количественных балансов.

Строительную вместимость бункера рассчитывают с учетом коэффициента использования объема

$$E_c = E_p / K_n$$

где  $K_n$  — коэффициент использования объема.

Величину  $K_n$  подбирают, исходя из конфигурации и геометрических размеров и бункера. Число бункеров на данной операции находят в зависимости от размеров единичного бункера и строительного объема:

$$n_p = E_c / V_c$$

где  $V_c$  — объем единичного бункера,  $m^3$ ,  
отсюда

$$V_c = abh$$

где  $a$ ,  $b$ ,  $h$  — соответственно размеры в плане и высота бункера по осям, м.

Величину  $n_p$  округляют до целого значения и рассчитывают фактическую вместимость бункеров

$$E_\phi = n_\phi V_c \gamma K_n \cdot 10^{-3}$$

где  $n_\phi$  — фактическое число бункеров.

Бункера из монолитного железобетона, деревянные, из металлического листового материала рассчитывают аналогично. Бункера для каждого этапа отволаживания рассчитываются отдельно. Если время задается суммарно на два основных этапа отволаживания, то 75% фактической вместимости бункеров выделяют для первого основного отволаживания и 25% — для второго основного отволаживания.

### § 3. РАСЧЕТ И ПОДБОР ОБОРУДОВАНИЯ ПОДГОТОВИТЕЛЬНОГО ОТДЕЛЕНИЯ

Для обеспечения бесперебойной работы мукомольных и крупяных заводов, создания определенного запаса зерна производительность подготовительного отделения увеличивают на определенную величину, называемую коэффициентом запаса  $K_3$ . Для мукомольных заводов  $K_3 = 1,1 \dots 1,2$ ; для крупяных заводов, перерабатывающих рис, пшеницу, горох, кукурузу,  $K_3 = 1,15$ ; для крупяных заводов, перерабатывающих просо, гречиху, овес, ячмень,  $K_3 = 1,2$ .

В соответствии с этим расчетная производительность  $Q_p$  (т/сут) подготовительных отделений определяется по формуле

$$Q_p = K_3 Q$$

где  $Q$  — производительность мукомольного или крупяного завода, т/сут.

Сущность расчета и подбора оборудования сводится к определению его количества путем сравнения производительностей завода на данном этапе и оборудования. Производительность оборудования может быть задана различными способами. В подготовительном отделении — это часовая паспортная производительность, которая является основной характеристикой сепарирующих машин, машин для гидротермической обработки и обработки поверхности зерна и т. п. Производительность может быть задана также величиной удельной нагрузки на единицу измерения рабочего органа оборудования. При расчете и подборе магнитных заграждений производительность может зависеть от нормы фронта длины магнитного поля на единицу производительности или от конкретной машины.

Весовое оборудование характеризуется вместимостью ковша и количеством взвешиваний в минуту. Производительность автоматических весов может быть также задана часовой паспортной производительностью в тоннах.

Дозирующее оборудование связано с каждым бункером для зерна и одновременно должно обеспечить производительность технологической операции.

Расчет смесителей-дозаторов необходимо вести по формуле

$$n = \frac{Q_p C_n}{100q}$$

где  $C_n$  — нагрузка на дозатор, %;  $q$  — часовая производительность смесителя-дозатора, т/ч.

При одновременном дозировании зерна из всех бункеров

$$n = \frac{Q_p}{mq \cdot 24}$$

где  $m$  — число бункеров.

При использовании непрерывного способа отволаживания, когда дозирование осуществляется одновременно из всех дозаторов, один дозатор может быть принят на два или четыре бункера при условии обеспечения производительности операции и коммуникационной увязки.

Расчет оборудования по часовой производительности осуществляют по формуле

$$n = \frac{Q_p C_n}{mq24 \cdot 100} \quad (1)$$

где  $C_n$  — нагрузка на данную технологическую операцию, %;  $q$  — производительность оборудования, т/ч.

Величину  $C_n$  принимают из количественного баланса подготовительного процесса. Для основного технологического оборудования, когда изменение массы зерна при выделении отходов и при усушке незначительно,  $C_n$  принимают равным 100%. При расчете оборудования для контроля отходов величину  $C_n$  можно принять равной (%):

отходов I, II категорий	3...4
отходов III категории	1,0...2,0
триерных отходов	1,0...2,0
контроля мочечных вод	1,0...2,5
контроля минеральных примесей	0,5...1,0

Расчет и подбор оборудования, когда производительность задана удельной нагрузкой, производят в два этапа. Вначале определяют расчетное значение размера рабочего органа машины (длины, ширины, площади)

$$B_p = \frac{Q_p C_n}{100q_y} \quad (2)$$

где  $C_n$  — нагрузка на систему от величины поступления зерна на первую систему, %;  $q_y$  — удельная нагрузка на единицу измерения рабочего органа машины, т.

Затем рассчитывают число оборудования на этапе

$$n = B_p / B_o \quad (3)$$

где  $B_o$  — значение величины рабочего органа машины, единицы измерения.

Расчет весового оборудования

$$n = \frac{Q_p C_n 1000}{100pq24 \cdot 60} \quad (4)$$

где  $p$  — вместимость весового ковша, кг;  $q$  — производительность весов, взвешиваний в мин.

Обычно принимают число взвешиваний для весов с вместимостью ковша 50 кг — 3, а для весов с вместимостью ковша 100 кг — 2, для весов с вместимостью ковша 20 кг — 3...4 в ми-

нуту. Превышение указанной производительности, как правило, приводит к снижению точности взвешивания.

Число весов можно рассчитать по их часовой производительности в тоннах по формуле (1).

Оборудование для выделения металломагнитной примеси рассчитывают несколькими способами. Если норма фронта магнитного поля задана на единицу производительности, то вначале определяют расчетное значение величины фронта магнитного поля  $L_m$  (м):

$$L_m = \frac{Q_p C_n I_m}{100G} \quad (5)$$

где  $I_m$  — норма длины фронта магнитного поля, м;  $G$  — единица измерения производительности, на которую выделяется норма магнитного поля, т/сут.

Величину  $G$  принимают для зерна и муки 100 т/сут, для манной крупы и отходов — 10 т/сут. Норму фронта магнитного поля  $L_m$  принимают по таблице 5. Далее находят число магнитных аппаратов с известным значением длины фронта магнитного поля для обеспечения данной операции:

$$n = L_m / L_o \quad (6)$$

где  $L_o$  — длина фронта магнитного поля принятого оборудования.

Норма длины фронта магнитного поля может быть задана на конкретную машину. В этом случае величину нормы следует принять за расчетное значение длины фронта магнитного поля на данной операции и число аппаратов для выделения металломагнитных примесей определить по формуле (6).

Если длина фронта магнитного поля задана на 1 м длины валцов мелющей линии системы, то вначале определяют требуемое расчетное значение длины фронта магнитного поля перед конкретной измельчающей системой:

$$L_m = L_{m1} / I_{m1} \quad (7)$$

где  $L_{m1}$  — длина валцовой линии системы, м;  $I_{m1}$  — норма длины фронта магнитного поля на 1 метр длины мелющих валцов, м/м.

Далее по формуле (6) находят требуемое число оборудования.

Если норма магнитных заграждений задана в единицах производительности (т/ч), то расчетное число аппаратов (обычно для электромагнитных аппаратов) ведут по формуле (1).

В некоторых случаях целесообразно магнитную защиту установить в самотечной трубе. Тогда расчет сводится к определению числа подковообразных магнитов на данной операции. Вначале определяют расчетное значение длины фронта магнитного поля на данной операции по формулам (5, 7). Применение формул зависит от того, каким способом задана норма производительности по магнитной защите.

На втором этапе необходимо подобрать число магнитных подков в зависимости от длины фронта магнитного поля, создаваемого одним подковообразным магнитом:

$$n = L_m / L_{п.м.} \quad (8)$$

где  $L_{п.м.}$  — длина фронта магнитного поля одного подковообразного магнита, м.

Расчет и подбор оборудования для улавливания зерновых компонентов из моченных вод ведут по формуле

$$n = \frac{Q_p C_p / 1000}{100 q_p 24} \quad (9)$$

где  $f$  — расход воды на 1 кг зерна в моченной машине или машине для мокрого шелушения, кг;  $q_p$  — производительность аппарата для улавливания зерновых продуктов, кг/ч.

Величину  $f$  следует принимать при использовании моченных машин с отжимной колонкой 1,5...2,0 кг/кг, а при использовании машин для мокрого шелушения зерна — 0,3...0,6 кг/кг.

Общее количество воды  $F_m$  (кг/сут), необходимое для мойки зерна, можно определить по формуле

$$F_m = \frac{Q_p C_p / 1000}{100} \quad (10)$$

Количество воды для увлажнения зерна  $F_{ув}$  (кг/сут) рассчитывают, используя начальную и конечную влажность зерна

$$F_{ув} = 1000 Q_p \left( \frac{w_k - w_n}{100 - w_k} \right) \quad (11)$$

где  $w_k$  — влажность зерна на первой системе технологического процесса перерабатывающего отделения, %;  $w_n$  — влажность зерна, поступившего в подготовительное отделение, %.

Для оценки экономичности использования оборудования необходимо определить его относительную загрузку на данной операции или коэффициент использования  $\eta_n$  (%):

$$\eta_n = \frac{Q_p C_p}{100 q_n 24 n} \quad (12)$$

где  $q_n$  — производительность машины на данной операции, т/ч;  $n$  — число машин на данной операции.

По такой формуле оценивают загрузку оборудования, если его производительность — т/ч. При оценке использования магнитной защиты, когда производительность выражается в длине фронта магнитного поля, необходимо использовать формулу

$$\eta_n = L_o / L_m 100, \quad (13)$$

где  $L_o$  — длина фронта магнитного поля магнитного аппарата, м;  $L_m$  — расчетная длина фронта магнитного поля на данной операции, м.

Результаты расчета оборудования подготовительного отделения необходимо свести в таблицу по следующей форме (табл. 23)

23. Спецификация оборудования подготовительного отделения

Оборудование	Марка	Число	Производительность, т/ч	$\eta_n$	Масса, кг

#### § 4. РАСЧЕТ И ПОДБОР ОБОРУДОВАНИЯ РАЗМОЛЬНОГО ОТДЕЛЕНИЯ МУКОМОЛЬНОГО ЗАВОДА

Расчет вальцовых линий. При расчете вальцовой линии с использованием общих удельных нагрузок на первом этапе определяют общую длину вальцовой линии  $L_o$  (см) для осуществления операции измельчения:

$$L_o = Q_m \cdot 1000 / q_n \quad (14)$$

где  $Q_m$  — производительность мукомольного завода, т/сут;  $q_n$  — общая удельная нагрузка на вальцовую линию, кг/(см·сут).

Общую удельную нагрузку принимают по таблице 24. При выполнении проектов реконструкции применение удельных на-

24. Общие удельные нагрузки на основное оборудование размольного отделения мукомольных заводов

Тип помола	$q_{д.}$ кг/(см·сут)	$q_{д.}$ кг/(м²·сут)	$q_{с.}$ кг/(см·сут)
Помолы пшеницы в хлебопекарную муку:			
трехсортный 75 %, 78 %-ный односортный 72 %-ный	63...70...77	1000...1200	380...540
двухсортный по сокращенной схеме односортный 85 %-ный обойный	75...85 95...125	1100...1300 1100...1500	400...600 1100...1500
Помолы пшеницы в муку для макаронных изделий	50...55	800...1000	100...120
Помолы ржи:			
63 %-ный	70	800...1000	—
80 %-ный	140	1600...1920	—
87 %-ный	170	1700...2000	—
Обойный	295	4000...4800	—
Ржано пшеничный и пшенично-ржаной	295	4000...4800	—

Примечание.  $q_n$  — удельная нагрузка на вальцовую линию;  $q_{д.}$  — удельная нагрузка на просеивающую поверхность;  $q_{с.}$  — удельная нагрузка на ширину приемного сита двухъярусных ситовесечных машин.

грузок по этой таблице не должно снижать производительность завода. Поэтому допускается использовать удельные нагрузки на вальцовую линию, рекомендуемые Правилами.

Полученную общую длину вальцовой линии  $L_0$  делят в отношении  $r_L$  на длину вальцовой линии для драного процесса и шлифовочно-размольного:

$$r_L = L_{\text{м+р}}/L_{\text{др}} \quad (15)$$

где  $L_{\text{м+р}}$  — длина вальцовой линии шлифовочного и размольного процессов, см;  $L_{\text{др}}$  — длина вальцовой линии драного процесса, см.

$$L_0 = L_{\text{др}} + L_{\text{м+р}} \quad (16)$$

Решая совместно систему уравнений относительно  $L_{\text{др}}$  и  $L_{\text{м+р}}$ , получим

$$L_{\text{др}} = \frac{L_0}{r_L + 1}; \quad (17)$$

$$L_{\text{м+р}} = \frac{r_L L_0}{r_L + 1}. \quad (18)$$

Величину  $r_L$  следует принимать согласно таблице 12. Очевидно, что длина вальцовой линии драного процесса равна сумме длин вальцовой линии систем, составляющих драной процесс. Следовательно,

$$L_{\text{др}} = l_1 + l_2 + \dots + l_i + \dots + l_n = \sum_{i=1}^n l_i \quad (19)$$

где  $l_1, l_2, \dots, l_i, \dots, l_n$  — длина вальцовой линии 1-й, 2-й, ...,  $i$ -й системы, см.

Аналогично складывается длина вальцовой линии шлифовочных и размольных систем.

$$L_{\text{м+р}} = l_1 + l_2 + \dots + l_i + \dots + l_n = \sum_{i=1}^n l_i \quad (20)$$

Расчетное значение длины вальцовой линии  $i$ -й системы драного процесса можно определить, приняв  $L_{\text{др}} = 100\%$ ,

$$l_i = L_i L_{\text{др}}/100, \quad (21)$$

где  $L_i$  — принятое значение длины вальцовой линии  $i$ -й драной системы, %.

Аналогично рассчитывают длину вальцовой линии  $i$ -й системы шлифовочного или размольного процесса

$$l_i = L_i L_{\text{м+р}}/100, \quad (22)$$

где  $L_i$  — принятое значение длины вальцовой линии  $i$ -й шлифовочной или размольной системы, %.

Величину  $L_i$  принимают по таблицам 12, 13, 14 в зависимости от типа помола. Зная расчетное значение длины вальцовой линии каждой системы, подбирают вальцовые станки с такими

расчетом, чтобы фактическая длина вальцовой линии максимально приближалась к расчетному значению длины  $l_i$  (см), т. е. чтобы выполнялось условие

$$l_i \cong l_{i\phi}, \quad (23)$$

где  $l_{i\phi}$  — фактическое значение длины вальцовой линии, см.

В результате расчетов общее число вальцовых станков и их число по типоразмерам должно быть кратно единице. Число типоразмеров вальцовых станков должно быть не более двух.

Результаты расчетов можно представить в виде таблицы по следующей форме (табл. 25).

25. Распределение вальцовой линии по системам

Системы	$L_i, \%$	$l_i, \text{см}$	Вальцовые станки		$l_{i\phi}, \text{см}$
			число	типоразмеры	
Драного процесса	—	—	—	—	—
Итого	$\sum_{i=1}^n L_i = 100$	$L_{\text{др}}$	—	—	$L_{\phi(\text{др})}$
Шлифовочного и размольного процессов	—	—	—	—	—
Итого	$\sum_{i=1}^n L_i = 100$	$L_{\text{м+р}}$	—	—	$L_{\phi(\text{м+р})}$
Всего	—	$L_0$	—	—	$L_0$

Правильность расчетов проверяют, определяя фактическую удельную нагрузку, которая должна соответствовать принятой для расчетов, т. е.

$$q_{\text{в}} \approx q_{\phi}; \quad q_{\phi} = Q_{\text{м}} \cdot 1000/L_{\phi}. \quad (24)$$

где  $L_{\phi}$  — фактическая длина вальцовой линии шлифовочного, размольного и драного процессов, см.

$$L_{\phi} = L_{\phi(\text{др})} + L_{\phi(\text{м+р})} \quad (25)$$

где  $L_{\phi(\text{др})}$  — фактическая суммарная длина вальцовой линии драного процесса, см;  $L_{\phi(\text{м+р})}$  — фактическая суммарная длина вальцовой линии шлифовочного и размольного процессов, см.

Фактическое отношение длины вальцовой линии шлифовочного и размольного процессов к длине вальцовой линии драного процесса должно быть равно принятому для расчетов

$$r_L \cong r_{\phi}; \quad (26)$$

$$r_{\phi} = L_{\phi(\text{м+р})}/L_{\phi(\text{др})} \quad (27)$$

26. Ориентировочные нагрузки по системам для многосортных хлебопекарных помолов пшеницы

Системы	Вальцовая линия, кг/(см·сут)	Просеивающая поверхность, кг/(м²·сут)
<b>Дранные:</b>		18700...22000
I	750...850	13200...16500
II	550...600	990...1200
III	350...400	7700...8800
IV	250...300	4400...5500
V	200...250	До 4440
VI	120...150	
<b>Сортировочные:</b>		4400...6600
1, 2-я	—	4400...5500
3-я	—	3300...4400
4-я	—	
5-я	—	До 3300
<b>Шлифовочные:</b>		
1-я	330...375	6600...8800
2-я	300...350	6600...8800
3-я	250...300	6600...8800
4-я	200...250	5500...6600
<b>Размольные:</b>		
1, 2-я	200...250	6600...8800
3, 4-я	180...200	6600...8800
1-я сходовая	150...180	5500...6600
5-я размольная	150...180	5500...6600
6, 7-я »	130...140	4400...5500
2-я сходовая	130...140	4400...5500
8, 9-я размольные	110...125	3300...4400
Вымольная	100	2200...3600
Контроль муки	—	7700...9900

При известных удельных нагрузках на отдельные системы технологического процесса расчет вальцовой линии ведут с помощью данных количественного баланса.

Определение расчетного значения длины вальцовой линии  $l_1$  (см) для каждой системы производят по формуле

$$l_1 = \frac{C_n Q}{100 q_1} \quad (28)$$

где  $C_n$  — нагрузка, или количество продуктов из баланса, %;  $q_1$  — частная удельная нагрузка на вальцовую линию системы, кг/(см·сут).

Частные удельные нагрузки на системы технологического процесса для помолов пшеницы представлены в таблицах 26, 27. Удельные нагрузки на системы технологического процесса для других помолов можно рассчитать, если известна производительность завода и число оборудования в пределах системы.

27. Ориентировочные нагрузки по системам для помолов пшеницы в макаронную муку

Системы	Вальцовая линия, кг/(см·сут)	Просеивающая поверхность, кг/(м²·сут)	Системы	Вальцовая линия, кг/(см·сут)	Просеивающая поверхность, кг/(м²·сут)
<b>Дранные:</b>			<b>Шлифовочные:</b>		
I	670	15750	1-я	140	3360
II	470	11000	2-я	130	3060
III	300...320	7060	3-я	170	4000
IV	210	4950	4-я	105	2480
V	180	3420	5-я	150	3530
VI	175	2710	6-я	170	4000
<b>Сортировочные:</b>			7-я	120	2830
1-я	—	1880	8-я	70	1650
2-я	—	1530	<b>Размольные:</b>		
3-я	—	1880	1-я	220	5180
4-я	—	940	2-я	200	4720
5-я	—	1410	3-я	150	3530
			4-я	100	1880
			<b>Контроль муки</b>	—	4000

Для этого необходимо составить количественный баланс по данной схеме, а удельную нагрузку рассчитать по формуле

$$q_{1\phi} = \frac{QC_n}{100 l_{1\phi}} \quad (29)$$

где  $Q$  — производительность мукомольного завода, т/сут;  $C_n$  — нагрузка, или количество продуктов на системе по отношению к I драной, %;  $l_{1\phi}$  — фактическая длина вальцовой линии системы, см.

После определения расчетного значения длины вальцовой линии рассчитывают число вальцовых станков для этой системы:

$$n = l_1 / l_n \quad (30)$$

где  $l_n$  — длина мелшей линии вальцового станка, см.

Таким образом находят число вальцовых станков по всем системам технологического процесса. Данные по расчету можно оформить в виде таблицы. В результате расчетов общее число вальцовых станков и число вальцовых станков по типоразмерам должно быть кратно 1.

Расчет просеивающей поверхности. При расчете просеивающей поверхности также учитывают общие и частные удельные нагрузки. При использовании общих удельных нагрузок вна-

чале определяют расчетное значение общей просеивающей поверхности  $S_0$  (м<sup>2</sup>):

$$S_0 = \frac{Q_{1000}}{q_n}, \quad (31)$$

где  $q_n$  — общая удельная нагрузка на просеивающую поверхность, кг/(м·сут).

Общая удельная нагрузка изменяется в зависимости от типа помола, ее выбирают по таблице 27.

В соответствии с технической характеристикой технологических схем (см. табл. 11) часть просеивающей поверхности необходимо выделить для контроля муки —  $S_k$  (м<sup>2</sup>):

$$S_k = \frac{f_k S_0}{100}, \quad (32)$$

где  $f_k$  — количество просеивающей поверхности для контроля, %.

Расчетное значение просеивающей поверхности для драного, шлифовочного и размольного процессов находят по формулам:

$$S_{др} = \frac{S_0 - S_k}{r_s + 1}, \quad (33)$$

$$S_{ш+р} = \frac{r_s (S_0 - S_k)}{r_s + 1}, \quad (34)$$

где  $r_s$  — принятое соотношение просеивающей поверхности по процессам (принимая по таблице 12).

$$r_s = S_{ш+р} / S_{др}, \quad (35)$$

$$S_{др} = S_1 + S_2 + \dots + S_i + \dots + S_n = \sum_{i=1}^n S_i, \quad (36)$$

где  $S_1, S_2, \dots, S_i, \dots, S_n$  — площадь просеивающей поверхности 1-й, 2-й, ...,  $i$ -й, ...,  $n$ -й драных систем, м<sup>2</sup>.

Суммарная просеивающая поверхность шлифовочных и размольных систем —  $S_{ш+р}$  (м<sup>2</sup>):

$$S_{ш+р} = S_1 + S_2 + \dots + S_i + \dots + S_n = \sum_{i=1}^n S_i, \quad (37)$$

где  $S_1, S_2, \dots, S_i, \dots, S_n$  — просеивающая поверхность 1-й, 2-й, ...,  $i$ -й, ...,  $n$ -й шлифовочных и размольных систем, м<sup>2</sup>.

Определив  $S_{др}$  и  $S_{ш+р}$  и приравняв каждое из значений к 100%, рассчитывают просеивающую поверхность каждой системы  $S_{i(др)}, S_{i(ш+р)}$  (м<sup>2</sup>):

$$S_{i(др)} = f_i S_{др} / 100, \quad (38)$$

$$S_{i(ш+р)} = f_i S_{ш+р} / 100, \quad (39)$$

где  $f_i$  — принятое значение площади просеивающей поверхности  $i$ -й системы по отношению к  $S_{др}$  и  $S_{ш+р}$ , %.

Величину  $f_i$  принимают по таблицам 12.15 в зависимости от типа помола. Просеивающую поверхность  $S_{ik}$  (м<sup>2</sup>) для контроля рассчитывают в зависимости от выхода муки по сортам и потокам:

$$S_{ik} = S_k C_i / C_0, \quad (40)$$

где  $C_i$  — выход муки  $i$ -го сорта или потока, %;  $C_0$  — суммарный выход муки, %.

По расчетному значению просеивающей поверхности системы подбирают число рассевов

$$n = S_i / S_m, \quad (41)$$

где  $S_i$  — расчетное значение просеивающей поверхности системы, м<sup>2</sup>;  $S_m$  — просеивающая поверхность рассева, м<sup>2</sup>.

Величина  $n$  на каждой системе должна быть кратна  $1/4$  при использовании четырехприемных рассевов и  $1/8$  для шестиприемных рассевов. При расчете и подборе рассевов необходимо использовать один типоразмер оборудования (четыреприемные или шестиприемные рассевы ЗРШ-М). Общее число рассевов для мукомольного завода должно быть кратно 1,0.

На мукомольных заводах, оснащенных комплексным оборудованием, используют шестиприемные рассевы РЗ-БРБ на рабочих системах и четырехприемные рассевы РЗ-БРВ на контроле муки. В этом случае общее число рассевов по маркам должно быть кратно 1,0. Данные по расчету и подбору рассевов необходимо представить в виде таблицы 28.

28. Распределение просеивающей поверхности по системам

Системы	$f_i, \%$	$S_i, \text{м}^2$	Рассевы		$S_{i\phi}, \text{м}^2$
			схема	число секций	
Драного процесса					
Итого	$\sum_{i=1}^n f_i = 100$	$S_{др}$			$S_{\phi(др)}$
Системы шлифовочного и размольного процессов					
Итого	$\sum_{i=1}^n f_i = 100$	$S_{ш+р}$			$S_{\phi(ш+р)}$
Системы контроля муки					
Итого	$\sum_{i=1}^n f_i = 100$	$S_k$			$S_{\phi(k)}$
Всего		$S_0$			$S_{\phi}$

Правильность расчетов проверяют по фактической удельной нагрузке на 1 м<sup>2</sup> просеивающей поверхности  $q_{\phi}$  и по фактическому отношению просеивающей поверхности по процессам  $r_{\phi}$

$$q_{\phi} = \frac{Q1000}{S_{\phi}}, \quad (42)$$

где  $S_{\phi} = \sum_{i=1}^n S_{\phi i}$  — фактическое суммарное значение просеивающей поверхности систем технологического процесса, м<sup>2</sup>.

$$r_{\phi} = S_{\phi(\text{шт+р})} / S_{\phi(\text{др})}. \quad (43)$$

В результате расчетов

$$q_{\phi} \cong q; \quad (44)$$

$$r_{\phi} \cong r_s. \quad (45)$$

Расчет просеивающей поверхности  $S_i$  (м<sup>2</sup>) также можно производить по частным удельным нагрузкам на отдельные системы технологического процесса:

$$S_i = \frac{C_i Q \cdot 1000}{100 q_i}, \quad (46)$$

где  $C_i$  — количество продукта на системе из баланса, %;  $q_i$  — частная удельная нагрузка на просеивающую поверхность системы, кг/(м<sup>2</sup>·сут).

Величину  $q_i$  принимают по таблицам 26, 27.

Частные удельные нагрузки на отдельные системы  $q_i$  (кг/(м<sup>2</sup>·сут)) можно рассчитать, если известна схема помола, производительность завода, фактическая просеивающая поверхность системы и количества продуктов на системе из баланса

$$q_i = \frac{QC_i}{100S_{i\phi}}, \quad (47)$$

где  $C_i$  — количество продукта на системе из баланса, %;  $S_{i\phi}$  — фактическая просеивающая поверхность системы, м<sup>2</sup>.

Число рассевов для каждой системы находят по формуле

$$n = S_i / S_m, \quad (48)$$

где  $S_m$  — просеивающая поверхность рассева, м<sup>2</sup>.

Данные по расчету можно свести в таблицу по ранее приведенной форме (табл. 28).

Общее число рассевов и число рассевов по типоразмерам должно быть кратно 1,0. При этом должны быть выполнены условия формул (44, 45).

Расчет оборудования для вымола оболочек и донизмельчителей. Для вымола оболочек используют бичевые вымольные и

щеточные машины. Число оборудования на системе рассчитывается по формуле

$$n = \frac{QC_i}{100q_m 24}, \quad (49)$$

где  $C_i$  — количество продукта к массе зерна на 1 драной системе, %;  $q_m$  — производительность оборудования, т/ч.

Количество продукта на системе принимается по данным количественного баланса.

Пневмобичевые машины, энглеиторы, дегашеры, т. е. оборудование, применяемое для дополнительного измельчения или для разрыхления продуктов измельчения после вальцовых станков, рассчитывают также по формуле (49). Следует учесть, что часовая производительность пневмобичевой машины изменяется в зависимости от состава обрабатываемой смеси. Происходит уменьшение производительности пневмобичевых машин от первой к последующим драным системам. Производительность пневмобичевых машин выше при обработке продуктов из пшеницы в сравнении с продуктами из ржи.

Расчет ситовечных машин. Оборудование для обогащения промежуточных продуктов (ситовечные машины) рассчитывают с использованием общих и частных удельных нагрузок. Общие удельные нагрузки (см. табл. 24) изменяются в зависимости от типа помола и используются для ориентировочного определения числа ситовечных машин:

$$n = \frac{Q1000}{q_{\phi} B_m}, \quad (50)$$

где  $q_{\phi}$  — общая удельная нагрузка на приемное сито ситовечной машины, кг/(см·сут);  $B_m$  — ширина приемного сита ситовечной машины, см.

Полученные результаты округляют до целой величины.

Число ситовечных машин на отдельных системах рассчитывают, используя частные удельные нагрузки. На величину частной удельной нагрузки оказывают влияние крупность и качество обогащаемых продуктов, а также тип ситовечной машины. В таблице 29 приведены удельные нагрузки для различных по крупности крупок при использовании двухъярусных ситовечных машин ЗМС-2×2 и ЗМС-2×4, а также трехъярусных ситовечных машин БСО, применяемых на мукомольных заводах с комплексным оборудованием.

Нагрузки на одноярусные ситовечные машины соответственно уменьшаются в два раза, а при обогащении крупок второго качества — на 25%. Число ситовечных машин на данном этапе также зависит от количества одновременно поступающих на систему обогащения крупок.

7\*

29. Удельные нагрузки на ситовые машины при помолах, кг/(см·сут)

Продукт	Хлебопекарный	Макаронный	Секция А		Секция В	
			Система 1	Система 2	Система 1	Система 2
Крупка:						
крупная	450...600	350...450	697	667	636	606
средняя	350...450	250...350	455	545	485	545
мелкая	275...375	150...250	242	242	273	273
Жесткий дунст	200...250	100...150	197	197	227	227

При выполнении расчетов ситовых машин рекомендуется следующая последовательность операций:

1. По технологической схеме определяют крупность и качество крупок.
2. Выбирают удельную нагрузку.
3. По материальному балансу находят количество обогащаемого продукта.

Вначале определяют расчетную ширину приемного сита ситовоечной машины  $B_i$  (см):

$$B_i = \frac{1000QC_i}{100q_i} \quad (51)$$

где  $Q$  — производительность мукомольного завода, т/сут;  $C_i$  — количество продукта из баланса, %;  $q_i$  — частная удельная нагрузка, кг/(см·сут).

Число ситовых машин на системе обогащения будет зависеть от марки оборудования:

$$n = B_i/B_m \quad (52)$$

где  $B_m$  — ширина приемного сита ситовой машины.

Величина  $n$  на системе должна быть кратной  $1/2$  при использовании двухприемных ситовых машин и  $1/4$  — четырехприемных ситовых машин.

Данные по расчету ситовых машин по системам можно представить в виде таблицы 30.

Правильность расчетов проверяют по фактической удельной нагрузке:

$$q_\phi = \frac{Q1000}{B_\phi} \quad (53)$$

где  $B_\phi$  — фактическая ширина сит ситовых машин, см.

$$B_\phi = \sum_{i=1}^n B_{\phi i} \quad (54)$$

где  $B_{\phi i}$  — фактическая ширина сит ситовоечной машины  $i$ -й системы, см.

30. Расчет ситовых машин по системам

Номер системы	Крупность и качество продукта	$C_i$ , %	$q_i$ , кг/(см·сут)	$b_i$ , см	Число машин	$B_{\phi i}$ , см

31. Спецификация оборудования размольного отделения

Оборудование	Марка	Число	Удельная нагрузка или производительность		Примечание
			расчетная	фактическая	

Фактическая удельная нагрузка должна быть приблизительно равна общей удельной нагрузке:

$$q_\phi \approx q_o \quad (55)$$

Общее число ситовых машин должно быть кратно 1,0. Данные по расчету оборудования размольного отделения необходимо занести в таблицу спецификации по следующей форме: (табл. 31).

§ 5. РАСЧЕТ ОБОРУДОВАНИЯ ШЕЛУШИЛЬНОГО ОТДЕЛЕНИЯ КРУПЯНЫХ ЗАВОДОВ

Технологическое оборудование в шелушильном отделении крупяного завода рассчитывают исходя из загрузки конкретной системы, а также в зависимости от того, какая задана производительность оборудования. Расчет осуществляется строго в соответствии с технологической схемой. Загрузку системы определяют по количественному балансу процесса. Число оборудования на данной операции рассчитывают по формуле

$$n = \frac{QC_n}{100q \cdot 24} \quad (56)$$

где  $Q$  — производительность крупяного завода, т/сут;  $C_n$  — загрузка системы по отношению к поступлению на первую систему процесса, %;  $q$  — часовая производительность оборудования, т/ч.

Производительность операции или оборудования может быть задана частной удельной нагрузкой, например, на 1 сантиметр длины линии шелушения, на 1 квадратный метр просеивающей поверхности, на канал пади-машины и т. п. В этом случае расчет необходимо вести в два этапа. Вначале нужно определить общее значение поверхности сит, длины линии шелушения,

числа каналов пади-машины и т. п. для осуществления частной технологической операции:

$$X_i = \frac{QC_{ii}}{100q_i} \quad (57)$$

где  $Q$  — производительность крупяного завода, т/сут;  $q_i$  — частная удельная нагрузка для осуществления операции, единицы измерения;  $C_{ii}$  — загрузка системы по отношению к первой системе технологического процесса, %.

Если частная удельная нагрузка задана в килограммах в сутки или в килограммах в час, то в формулу (57) необходимо ввести соответствующие коэффициенты перевода тонн в килограммы и суток — в часы.

На втором этапе определяют число оборудования

$$n = X_i/X_m \quad (58)$$

где  $X_m$  — характерный размер рабочего органа оборудования, единицы измерения.

В результате расчетов общее число оборудования должно быть кратно 1,0, хотя на отдельных этапах могут быть использованы и кратные доли оборудования, например секция отсева.

Если задана общая удельная нагрузка, например, на 1 сантиметр длины линии шелушения, на 1 квадратный метр просеивающей поверхности и т. п., то расчет необходимо вести следующим образом.

На первом этапе определяют расчетное значение длины линии шелушения, площади сит для сортирования, ширины приемных сит и т. п. для осуществления операции:

$$X_o = Q/q_o \quad (59)$$

где  $q_o$  — значение общей удельной нагрузки на данной операции, единицы измерения.

На втором этапе полученное значение длины, площади, ширины и т. п. необходимо разделить в соответствии с загрузкой системы. Последнее определяют на основании количественного баланса процесса. Расчетная формула для определения необходимого значения длины, ширины площади и т. п. на системе будет иметь вид

$$X_i = \frac{X_o C_i}{\sum_{i=1}^n C_i} \quad (60)$$

где  $C_i$  — загрузка  $i$ -й системы из баланса, %;  $n$  — число систем для осуществления данной операции.

На третьем этапе находят необходимое количество оборудования на данной операции. Расчет ведут по формуле (58). Чи-

сло оборудования для осуществления операции должно быть кратно 1,0.

При осуществлении операции шелушения по технологическим схемам с промежуточным выделением ядра и возвратом нешелушенной фракции на первоначальную систему шелушения происходит постоянная загрузка первоначальной системы дополнительным продуктом. Такая технология осуществляется на гречезаводах. В этом случае расчет необходимо вести с использованием метода, предложенного М. Е. Гинзбургом. Сущность метода состоит в следующем. По заданному среднему коэффициенту шелушения для каждой фракции необходимо определить коэффициент возврата продуктов на систему:

$$K_n = 100/K_{ш} \quad (61)$$

где  $K_{ш}$  — коэффициент шелушения фракции, %.

Затем определяют коэффициент загрузки системы:

$$n_i = C_n K_n / 100 \quad (62)$$

где  $C_n$  — первоначальное количество зерна на системе, %.

Фактическое количество зерна, перерабатываемое на системе, определяют из выражения

$$\sigma_i = Q n_i \quad (63)$$

где  $\sigma_i$  — фактическое наличие зерна на  $i$ -й системе, т/сут.

Суммарную производительность (загрузку) на всех системах находят как сумму единичных загрузок:

$$\sigma_o = \sigma_1 + \sigma_2 + \dots + \sigma_n = \sum_{i=1}^n \sigma_i = Q \sum_{i=1}^n n_i \quad (64)$$

где  $\sigma_1, \sigma_2, \dots, \sigma_n$  — фактическое количество зерна на первой, второй и т. д. системах, т/сут.

Общее значение длины линии шелушения  $L_o$  (см) рассчитывают по формуле

$$L_o = Q/q_o \quad (65)$$

где  $q_o$  — общая удельная нагрузка, т/(сут·см).

Затем величину  $L_o$  делят в соответствии с загрузкой систем (в соответствии с фактическим количеством зерна, перерабатываемого на системе) и получают расчетную длину линии шелушения системы  $L_i$  (см):

$$L_i = \sigma_i L_o / \sigma_o \quad (66)$$

Число оборудования на системе рассчитывают в зависимости от длины линии шелушения вальцедекового станка:

$$n = L_i / L_m \quad (67)$$

где  $L_m$  — длина линии шелушения вальцедекового станка, см.

Общее число вальцедековых станков должно быть кратно 1,0.

Данные по расчету оборудования щелушливого отделения крупяного завода также заносят в таблицу спецификации.

#### Вопросы для самоконтроля

1. Каковы общие требования при расчете и подборе оборудования?
2. Какие параметры необходимы при расчете оперативных бункеров?
3. Что такое расчетная, строительная и фактическая вместимость бункера?
4. Как рассчитывают коэффициент использования объема бункера?
5. Что такое коэффициент запаса при расчете производительности подготовительного отделения?
6. Как рассчитать оборудование подготовительного отделения с использованием удельной нагрузки на единицу измерения, часовой производительности оборудования?
7. Как рассчитать и подобрать магнитные заграждения?
8. Что такое удельная нагрузка? Как ее используют для расчета оборудования?
9. Как определить общую длину вальцово-просеивающую поверхность и ширину сит ситовечных машин?
10. Как выделить вальцовую линию, просеивающую поверхность для отдельных процессов, систем?
11. Как рассчитывают технологическое оборудование с использованием данных количественных балансов?
12. Как определяют фактическую длину вальцово-просеивающей поверхности, ширину приемных сит ситовечных машин?
13. В какой последовательности рассчитывают и подбирают технологическое оборудование в щелушливом отделении крупяного завода?
14. Как проверяют правильность расчета и подбора технологического оборудования?

## IV глава

### КОМПОНОВКА ОБОРУДОВАНИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЗМЕРОВ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ЗДАНИЯ

#### § 1. ПРИНЦИПЫ КОМПОНОВКИ ОБОРУДОВАНИЯ

Размещение оборудования на этажах производственного здания, его компоновка в соответствии с проектируемой технологией осуществляются комплексно. Это значит, что компоновать необходимо одновременно или во взаимосвязи технологическое, транспортное, аспирационное, электротехническое оборудование, а также контрольно-измерительные приборы и средства автоматики. Оборудование необходимо располагать с учетом технологической схемы, что обеспечит поточность и непрерывность производства с минимальным количеством транспортных механизмов. Технические требования учитывают удобства обслуживания, эксплуатации, ремонта оборудования, создание условий для комплексной механизации и автоматизации процесса и т. п.

Управление технологическим процессом, контроль за работой оборудования, ремонт оборудования требуют хорошей естественной и искусственной освещенности рабочих мест. При прочих равных условиях, ближе к источникам естественной освещенности следует располагать оборудование, имеющее меньшие габаритные размеры. Оборудование, не требующее систематического обслуживания, можно размещать на большем расстоянии от источника естественной освещенности или во втором ряду оборудования. Например, всасывающие фильтры, батарейные и одиночные циклоны, имеющие большую высоту, при их расположении у окон будут снижать естественную освещенность помещения и оборудования, расположенного в глубине производственного здания. Также снижают естественную освещенность детали самотечного транспорта, аспирационные воздуховоды, материалопроводы, трубы норий и т. п., расположенные в плоскости окон.

Как правило, большее оборудование располагают таким образом, чтобы потери естественной освещенности были минимальными. Например, фильтры можно установить короткой стороной к окнам, ориентируя их в плоскости простенка. Экономичность и эффективность проекта будет зависеть также от

протяженности транспортных устройств и аспирационных воздуховодов. Для уменьшения протяженности воздуховодов аспирационное оборудование приближают к технологическому.

Создание здоровых и комфортных условий труда на мукомольных и крупяных заводах непосредственно связано со снижением уровня шума и вибрации. Кроме этого, вибрация отрицательно влияет на работу контрольно-измерительных приборов и средств автоматизации. Такое оборудование (автоматические весы, расходомеры, счетмеры и т. п.) не следует располагать около оборудования, создающего повышенный уровень вибрации (всасывающие фильтры со встряхивающим механизмом, вентиляторы высокого давления, воздуходувные машины и т. п.). Вентиляторы высокого давления и воздуходувные машины устанавливают в отдельных помещениях с хорошей звуко- и виброизоляцией, желательно на первом этаже. Установка такого оборудования требует устройства виброизоляционных подушек и глушителей аэродинамического шума.

В отдельных помещениях также рекомендуется размещать оборудование, которое может выделять в окружающее пространство избыточную влагу (моечные машины, машины мокрого шелушения, зерноуловители, прессы для отжима моченных отходов и т. п.). Стены и пол таких помещений должны иметь гидроизоляцию.

Создание оптимальных условий для обслуживания машин и механизмов требует использования специальных конструкций (рам, станин), позволяющих изменять высоту установки оборудования над уровнем пола. К такому оборудованию относятся увлажняющие аппараты, шлюзовые питатели, магнитные аппараты и т. п. Шкалы и панели приборов, оборудования, средств регулирования и автоматического управления, требующие визуального контроля, должны находиться на высоте 1,4...1,6 м от уровня пола. Если обслуживание связано с затратами физических усилий, то обслуживаемый участок должен находиться на высоте 0,8...1,2 м от уровня пола. Обязательным является устройство специальных площадок для обслуживания головок норий, если высота от уровня пола до оси приводного вала превышает 1,8 м. При размещении оборудования следует избегать крепления машин и механизмов, нуждающихся в систематическом обслуживании, к перекрытию верхнерасположенного этажа.

Для экономии производственной площади, особенно при выполнении проекта реконструкции, допускается размещение оборудования в два яруса. Так, можно устанавливать триеры, аспирационные колонки, аппараты для выделения металломагнитных примесей и т. п. Минимально допустимые проходы и разрывы между всеми видами стационарного оборудования

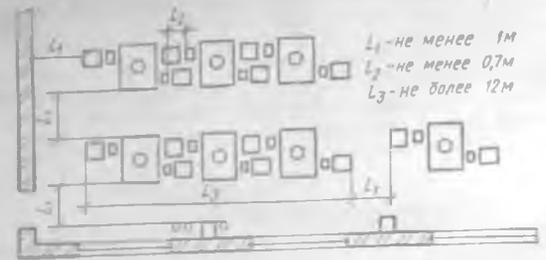


Рис. 17. Расположение вальцовых станков группами

регламентируются в соответствии с утвержденными действующими нормами по технике безопасности и промышленной санитарии.

Оборудование на всех этажах мукомольных и крупяных заводов располагают, оставляя свободные поперечные и продольные проходы, связанные непосредственно с выходом на лестничные клетки или в смежные помещения, а также между группами машин не менее 1 м. Проходы между отдельными машинами должны быть не менее 0,7 м. Разрешается групповая установка машин, которые для своего обслуживания не требуют подхода со всех сторон.

Вальцовые станки требуют постоянного обслуживания с двух противоположных сторон, поэтому их можно размещать группами. При групповом расположении общая длина группы станков должна быть не более 12 м (рис. 17).

Центрифугалы, бураты, вымольные и шлифовальные машины, не требующие обслуживания с четырех сторон, можно устанавливать по две машины в группе с расстоянием между ними по 0,25...0,3 м. При этом величина проходов между группами машин должна быть не менее 0,8 м. Для машин, имеющих круговое поступательное или прямолинейное возвратно-поступательное движение (камнеотделительные машины, шкафные сепараторы, рассевы, пади-машины и т. д.), величину прохода между машинами увеличивают на эксцентриситет или на два эксцентриситета.

На этаже рассевов проходы с выходом на лестничную клетку и в смежные помещения должны быть не менее 1,25 м. Проходы между рассевами по их длинной стороне необходимо принимать не менее 1,15 м, а по короткой стороне — не менее 1 м для пакетных рассевов и не менее 1,25 м для шкафных рассевов. Увеличение расстояния между шкафными рассевами по

их короткой стороне объясняется необходимостью иметь увеличенный проход для замены сит (рис. 18).

Сортировальные столы (падди-машины), ячеистые круподелители и другое оборудование, имеющее прямолинейное, возвратно-поступательное движение, устанавливаются с учетом рабочей амплитуды колебаний. Расстояние  $A$  (м) между двумя смежными машинами, имеющими определенную амплитуду колебаний, должно быть

$$A = 0,8 + 2a,$$

где  $a$  — эксцентриситет, м.

Во всех случаях величина прохода должна быть не менее 1,2 м.

Величина прохода между машинами, имеющими прямолинейное возвратно-поступательное движение, и оборудованием неподвижным, например норями, должна быть не менее

$$A_1 = 0,8 + a,$$

При установке двух сортировальных столов с общим приводом расстояние между ними должно быть 0,6 м.

При обслуживании машин с выдвижными ситами необходимо учитывать возможности замены сит, для чего предусматривают увеличенные проходы. Для воздушно-ситовых сепараторов производительностью 50, 100 и более т/ч величина прохода со стороны выемки сит должна быть не менее 1,4 м, при производительности воздушно-ситовых сепараторов 5...20 т/ч проходы составляют 1,2 и 1,0 м. Для сепараторов меньшей производительности и крупосортировок величины проходов должны быть не менее 0,8 м. Размеры проходов при установке шкафных сепараторов следует принимать как для рассевов.

Продуктопроводы самотечного и пневмотранспорта, норьи, а также оборудование, не имеющее движущихся частей и не требующее постоянного обслуживания, может быть установлено на расстоянии 0,15 м от стен здания или бункеров. Циклоны-пылеотделители, циклоны-разрушители, а также вентиляторы можно устанавливать с разрывом от стен 0,25 м при наличии проходов с трех других сторон не менее 0,8...1,0 м.

Для горизонтального перемещения зерна и продуктов применяют винтовые, цепные конвейеры и аэрожелоба. При расположении этого оборудования около стен величина продольного прохода должна быть не менее 0,7 м, а проход между параллельно расположенным оборудованием должен быть не менее 0,8 м.

Обслуживание головок норий, винтовых конвейеров с дозаторами зерна, пневмоасpirаторов и т. п. осуществляется, как правило, с площадок и галерей. К устройству площадок пред-

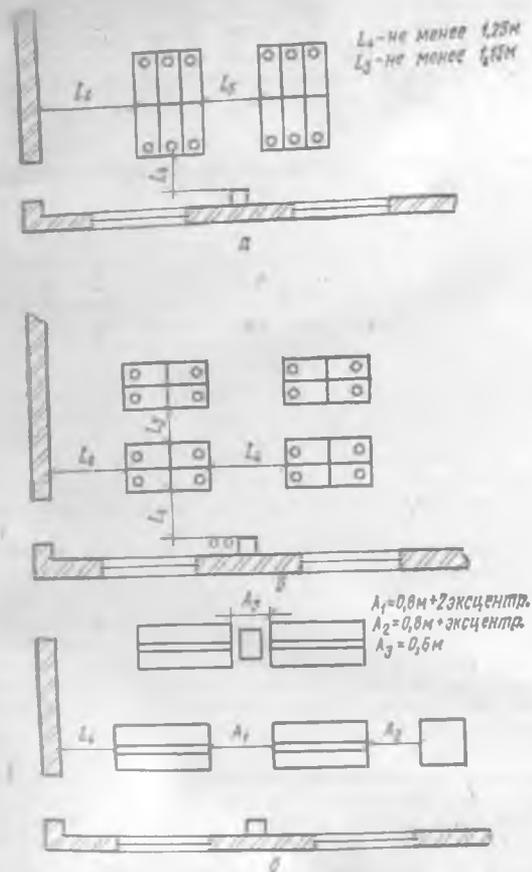


Рис. 18. Размещение рассевов (а, б) и падди-машин (в)

являют следующие требования. Расстояние от пола площадок до конструкций перекрытия принимают не менее 2,0 м. Площадка должна иметь ограждение высотой не менее 1,2 м с устройством глухого бортика высотой 0,2 м над уровнем пола. Площадку оборудуют одним лестничным маршем при длине менее 10 м и двумя лестничными маршами при длине более 10 м.

## § 2. ВЗАИМНОЕ РАСПОЛОЖЕНИЕ ЦЕХОВ МУКОМОЛЬНЫХ И КРУПЯНЫХ ЗАВОДОВ

Как правило, отделения или цехи мукомольных и крупяных заводов располагают в одном здании, что сокращает транспорт зерна и промежуточных продуктов. В отдельно стоящем здании, непосредственно примыкающем к перерабатывающему отделению, может размещаться цех готовой продукции. Компонировка цехов мукомольных и крупяных заводов зависит от их производительности, вида вырабатываемой продукции, а также от конкретных условий проектирования (конфигурация участка строительства, наличие других сооружений и зданий, расположение транспортных путей, элеваторов и складов готовой продукции). Подготовительные отделения располагают в непосредственной близости к элеватору с соблюдением противопожарных разрывов, а фасовочное отделение — к складам готовой продукции.

Одно отделение отделяют от другого огнестойкими капитальными стенами, что обеспечивает на более высоком уровне противопожарную безопасность объекта исключает попадание пыли из помещения в помещение и снижает вредное действие производственного шума. На мукомольном заводе производительностью 180...250 т/сут отделения и бункера расположены в смежных помещениях в точном соответствии с направленностью технологического процесса — бункера для неочищенного зерна, подготовительное, размольное отделение и отделение готовой продукции.

По такому же принципу расположены отделения крупяных заводов средней производительности (рис. 19). Для мукомольных и крупяных заводов меньшей производительности из-за ограниченного числа оборудования компоновать отделения по такой схеме не экономично. Здание будет иметь вытянутую по длине форму, что приведет к завышенной стоимости строительства.

При увеличении производительности мукомольных и крупяных заводов свыше 250 т/сут целесообразно иметь две или более секции. Многосекционные мукомольные или крупяные заводы проектируют также, если необходимо организовать про-

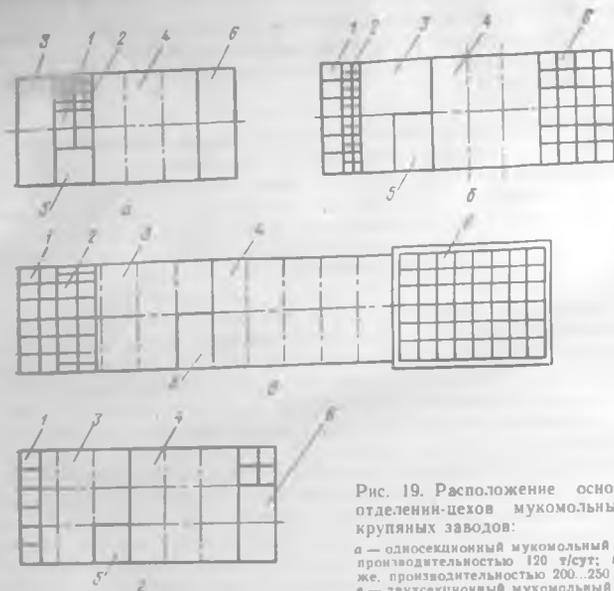


Рис. 19. Расположение основных отделений цехов мукомольных и крупяных заводов:

а — односекционный мукомольный завод производительностью 120 т/сут; б — то же, производительностью 200...250 т/сут; в — двухсекционный мукомольный завод производительностью 500 т/сут; 1 — крупяной завод производительностью 180...200 т/сут; 1 — бункера для неочищенного зерна; 2 — бункера для отволаживания; 3 — подготовительное отделение; 4 — размольное или шелушильное отделение; 5 — лестничная клетка; 6 — фасовочное отделение (отделение готовой продукции)

изводство различных видов продукции на одном заводе. Например, секции по производству сортовой и обойной муки, секции по производству макаронной и хлебопекарной муки. Для крупяных заводов в отдельных секциях можно организовать переработку различных крупяных культур. На рисунке 18, в показана схема компоновки отделений мукомольного завода производительностью 500 т/сут.

Если производительность заводов 1000 т/сут и более, проектируют четыре секции. Причем возможны проектные решения, когда секции выделяют как самостоятельные только в шелушильном или размольном отделениях, а в подготовительном отделении предусматривают четыре—восемь отдельных технологических линий, предназначенных для переработки зерна различного качества. Контрольные операции по готовой продукции необходимо осуществлять отдельно в каждой секции.

При выпуске одноименной готовой продукции всеми секциями в отделении готовой продукции или в перерабатывающем отделении необходимо запроектировать операции по смешиванию муки или крупы.

Оборудование мукомольных и крупяных заводов располагают, как правило, в многоэтажных зданиях. Это позволяет использовать потенциальную энергию поднятого на верхние этажи продукта для организации гравитационного (самотечного) способа транспортирования, что значительно снижает затраты на устройство и организацию транспорта продуктов.

Число транспортных механизмов является одним из основных критериев оценки эффективности размещения оборудования. Чем меньше используется механизмов для транспорта продуктов, тем эффективнее компоновка оборудования. Однако увеличение этажности перерабатывающих предприятий, когда продукты поступают каскадно с машины на машину, сверх определенного предела, резко ухудшает условия труда обслуживающего персонала. Нарушается один из главных принципов размещения — одноименное оборудование должно быть расположено на одном этаже.

Опыт эксплуатации и проектирования предприятий показывает, что наиболее эффективно можно разместить оборудование в здании с числом этажей, равным числу основных технологических операций. Так, для мукомольных заводов, перерабатывающих зерно в сортовую муку, основными технологическими операциями будут измельчение, сортирование продуктов измельчения по крупности в отсевах и сортирование продуктов измельчения по добротности — обогащение в ситовечных машинах. Наиболее целесообразным размещением оборудования является способ, когда измельчающие машины — вальцовые станки расположены на нижнем этаже, а отсевы, сортирующие продукты измельчения по крупности, установлены на верхнем этаже. Ситовечные машины для обогащения промежуточных извлеченных продуктов располагают между отсевым и вальцовым этажом.

Для уменьшения числа транспортных механизмов и более полного использования гравитационного (самотечного) транспорта промежуточных продуктов между ситовечным и вальцовым этажом следует устраивать распределительный этаж. На крупных мукомольных заводах число распределительных этажей может быть увеличено до двух. Первый распределительный этаж устраивают между отсевым и ситовечным этажом, а второй — между ситовечным и вальцовым. Учитывая необходимость подачи продуктов с вальцовых станков на транспортные механизмы и с транспортных механизмов в отсевы, необходимо дополнительно иметь еще два этажа. При использова-

нии вальцовых станков со встроенными пневмоприемниками надобность для технологических целей в дополнительном этаже под вальцовыми станками отпадает. Таким образом, оборудование выделения технологического процесса должно быть размещено на пяти—семи этажах.

При пятиэтажном здании на первом этаже размещают вальцовые станки со встроенными пневмоприемниками, второй этаж используют для распределения самотечного транспорта и расположения оборудования для выделения металломагнитных примесей, третий этаж — для установки ситовечных машин и оборудования для обработки сходовых продуктов (вымольных и щеточных машин), четвертый этаж — для размещения отсевов и пятый — для систем пневмотранспорта или для установки головок норий. Увеличение производительности завода приводит к увеличению этажности за счет добавления распределительного этажа. При уменьшении производительности этажность предприятия снижается.

При 85% ном помоле пшеницы число этажей может быть уменьшено до четырех за счет сокращения распределительного этажа. При этом функцию распределительного этажа будет выполнять ситовечный, так как число ситовечных машин невелико. Уменьшить число этажей до четырех можно также на мукомольных заводах сортовых помолов ржи в результате сокращения ситовечного этажа. При переработке пшеницы и ржи в обойную муку технологический процесс можно запроектировать в трех-четырёхэтажном здании за счет сокращения ситовечного и распределительного этажа.

Этажность крупяного завода также зависит от производительности предприятия, вида перерабатываемой культуры и определяется числом главных технологических операций. Для рисоу заводов один этаж предназначается для размещения оборудования для шелушения и шлифования, второй этаж — для сортирующих машин (отсевы для сортирования продуктов шелушения и шлифования), третий этаж для размещения крупотделительных машин и распределения самотечных труб, два этажа необходимы для установки транспортных механизмов (головок и башмаков норий). Таким образом, для организации процесса производства рисовой крупы необходимо пятиэтажное здание. В пятиэтажных зданиях проектируют размещение оборудования практически для всех крупозаводов производительностью более 60...90 т/сут. При уменьшении производительности для размещения оборудования достаточно четырехэтажного здания. На рисунке 20 показано принципиальное расположение оборудования для производственных зданий различной этажности.

В подготовительных (зерноочистительных) отделениях муко-

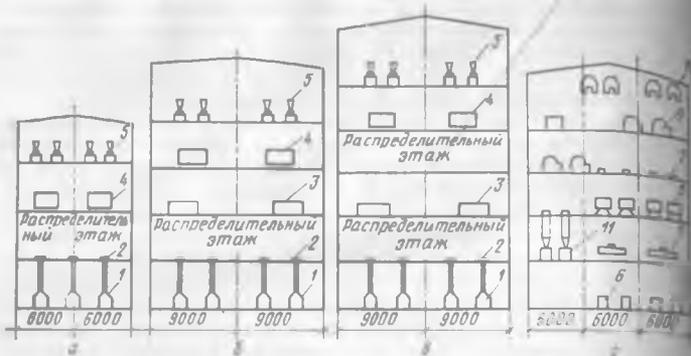


Рис. 20. Расположение оборудования и этажность зданий мукомольных заводов:

а — для мукомольных заводов сортовых помолов ржи, обойных помолов; б — для мукомольных заводов сортовых помолов пшеницы с одним распределительным этажом; в — для мукомольных заводов сортовых помолов пшеницы с двумя распределительными этажами; г — для крупяных заводов средней производительности; 1 — вальцовые станы; 2 — магнитные колонны; 3 — ситовочные машины; 4 — рассевы; 5 — циклоны-разгрузители; 6 — башмаки норий; 7 — пядли-машины; 8 — шлифовальные поставы; 9 — аспираторы; 10 — головки норий; 11 — шелушители

мукомольных и крупяных заводов можно расположить машины технологического процесса последовательно (каскадно) одну за другой в соответствии с движением зерна по технологической схеме. Однако, учитывая необходимость удобного обслуживания оборудования в процессе эксплуатации, этажность подготовительных отделений, цехов принимают такой же, как у размольного или шелушильного отделений. Допускается из технологических или других соображений зерноочистительное отделение устраивать выше или ниже на один этаж. Таким образом, зерноочистительное отделение в зависимости от сложности технологического процесса может занимать четыре—семь этажей.

Отделение готовой продукции, если оно расположено в одном здании с подготовительным и перерабатывающим отделением, занимает по высоте столько же этажей. Если отделение готовой продукции находится в отдельно стоящем здании, то вопрос об этажности решается в зависимости от сложности технологического процесса и от производительности отдельных операций. Кроме того, в здании мукомольного или крупяного завода один этаж может быть выделен для подсобных помещений — душевых, мастерских, различного рода профессиональных кабинетов.

Распределительные электротехнические устройства, элементы системы автоматики располагают в непосредственной близости от управляемого технологического оборудования. Для этого выделяют помещения около лестничных клеток, разделяющих зерноочистительное, размольное (шелушильное) и отделение готовой продукции. Высоты этажей производственного здания должны обеспечить возможность установки наиболее габаритного оборудования. Кроме того, необходимо обеспечить увязку оборудования самотечными трубами с другим оборудованием, а также удобство обслуживания и ремонта.

За высоту этажа принимают расстояние между уровнями чистых полов смежных этажей. Опыт проектирования и эксплуатации мукомольных и крупяных заводов и действующие строительные нормы свидетельствуют, что наиболее приемлемая высота этажей должна составлять 4,8 м и быть кратной 0,6 м. Высота этажей, где расположено транспортное оборудование, может быть увеличена.

### § 3. РАЗМЕЩЕНИЕ БУНКЕРОВ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЗМЕРОВ ПОДГОТОВИТЕЛЬНОГО ОТДЕЛЕНИЯ

Подобранные в результате расчетов технологическое оборудование и бункера должны быть скомпонованы в единую систему в последовательности, соответствующей ходу подготовки зерна к переработке. На предварительном этапе проектирования на масштабной бумаге проводят ряд горизонтальных линий, промежутки между которыми соответствуют выбранному количеству этажей.

В соответствии с технологической схемой и произведенным расчетом на этажи здания наносят без строгого соблюдения масштаба все технологическое оборудование и бункера. Верхний и нижний этажи предназначают для размещения транспортного оборудования (головок и башмаков норий, пневмоприемников и разгрузителей). Размещение на черном и нижнем этажах технологического оборудования должно производиться с учетом совместной его компоновки с элементами транспортного оборудования.

Таким образом, в подготовительном отделении могут быть отдельные технологические линии протяженностью от верхнего до нижнего этажа каждая. После расположения бункеров и оборудования первой технологической линии зерно поднимают на верхний этаж с помощью выбранного способа транспортирования. Перемещение зерна на рисунке отмечают в виде сплошной вертикальной линии, которая условно обозначает прохождение норийных труб или материалопроводов пневмотранспорта через этажи производственного здания. Аналогич-

ным образом размещают все технологическое оборудование и бункера. В результате проведенной работы можно определить число таких технологических линий, на каком этаже необходимо установить конкретное оборудование и реальную потребность в транспортных механизмах для вертикального подъема зерна.

На мукомольных заводах средней производительности таких технологических линий может быть шесть, семь. Следовательно, должно быть обеспечено соответственно шесть, семь подъемов зерна. После размещения основного оборудования приступают к размещению оборудования для контроля отходов. Учитывая, что линии контроля отходов представляют собой последовательный ряд технологических операций сепарирования, выделения металломагнитных примесей, дробления, взвешивания и оперативного хранения, то лучшего результата можно добиться, располагая оборудование для обработки отходов, начиная с верхних этажей здания подготовительного отделения. Для сбора и передачи отходов на контрольные операции необходимо запроектировать пневмотранспортные линии.

Отдельно передаются отходы I, II, III категорий, куколь и овсюг. Моечные воды и минеральные примеси на контрольные операции по возможности передаются самотеком. Таким образом, к шести, семи подъемам основного зерна добавляется четыре-пять подъемов отходов на контроль. На рисунке 21 показана поэтажная схема увязки и размещения оборудования и бункеров подготовительного отделения для ориентировочного определения числа вертикальных подъемов зерна и отходов. Таким образом, для осуществления поточного процесса подготовки необходимо установить четыре норки и шесть мате-риалопроводов пневматического транспортирования зерна и отходов. Аналогично компонуют оборудование и бункера подготовительного отделения всех помолов пшеницы и ржи и для крупяных заводов.

Предварительное размещение оборудования подготовительного отделения может не совпадать с его окончательным размещением на планах этажей здания. Последнее связано с необходимостью увязки в единый комплекс большого числа оборудования разного назначения и с конкретными условиями проектирования. Кроме увязки технологического оборудования между собой, с бункерами и транспортными механизмами, на предварительном этапе проектирования должна быть принципиально отработана передача зерна из подготовительного отделения в размольное и из элеватора в подготовительное отделение.

Бункера на мукомольных и крупяных заводах предназначаются для оперативного хранения запаса неочищенного зерна

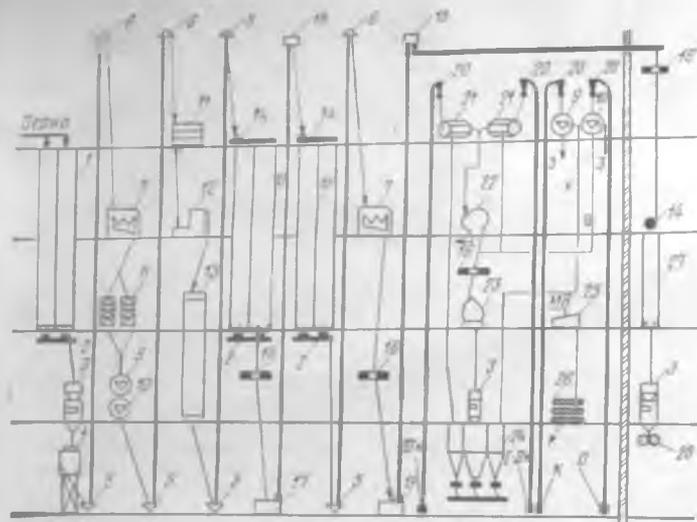


Рис. 21. Поэтажное расположение оборудования и вертикального транспорта зерна в подготовительном отделении мукомольного завода:

1 — бункера для неочищенного зерна; 2 — дозаторы для зерна; 3 — автоматические весы; 4 — пологреватель; 5 — башмак норки; 6 — головка норки; 7 — сепаратор; 8 — камнеотделительная машина; 9 — триер куколетборник; 10 — триер овсюгоборник; 11 — скоростной кондиционер; 12 — моечная машина; 13 — влагосниматель; 14 — увлажнительная машина; 15 — бункера для отволаживания; 16 — магнитные аппараты; 17 — обочная машина; 18 — пневмоаспиратор; 19 — щеточная машина; 20 — циклон-разгрузитель; 21 — буфет; 22 — аспиратор; 23 — дробилка; 24 — бункера для отходов; 25 — зерноуловитель; 26 — сушилка; 27 — бункер для отволаживания перед I дражной системой; 28 — вальцовый станок; сокращения: O — овсюг; K — куколь; MB — моечные воды

и для отволаживания в процессе гидротермической обработки. Кроме того, перед некоторым оборудованием устраивают накопительные бункера для обеспечения его бесперебойной работы.

Бункера для неочищенного зерна устраивают чаще всего из сборных железобетонных элементов с размерами 3000 × 3000 × 1200 мм. Элементы бункеров укладывают один на другой, стальные закладные детали свивают, а стыки замоноличивают. Высота отдельных элементов кратна высотам этажей здания, что позволяет в пределах этажа набирать бункера из целого числа элементов. По высоте бункера располагают на два или три этажа в зависимости от этажности здания, сложности технологического процесса и производительности завода. Днища бункеров устраивают в виде усеченной пирамиды или



бункера изготавливают из монолитного железобетона. В этом случае размеры бункера в плане выбирают в зависимости от производительности завода, конструкции и этажности здания.

Бункера для неочищенного зерна размещают в торце подготовительного отделения, обращенном к элеватору. Передачу зерна из элеватора осуществляют или по транспортным галереям (скребковыми или ленточными конвейерами) или самотечным транспортом. Передача зерна с помощью ленточных или цепных конвейеров наиболее рациональна. В этом случае конвейер, передающий зерно в подготовительное отделение, проходит на высоте, обеспечивающей распределение зерна самотечком по бункерам для неочищенного зерна. Их располагают в торце подготовительного отделения по всей ширине здания или комбинируют с бункерами для увлажнения в специальном блоке.

Распределение зерна по отдельным бункерам производится чаще всего с помощью самотечных труб или скребковых конвейеров. Возможно также их сочетание. При устройстве распределения зерна с помощью самотечных труб должна быть обеспечена равномерная загрузка всех бункеров одновременно или поочередно. Это достигается устройством задвижек на вертикальных участках самотечной трубы и перекидных клапанов при разделении потоков зерна.

Бункера для увлажнения должны быть увязаны с технологическим оборудованием в единую систему. Поэтому вероятное их расположение около стены размольного отделения, что обеспечит удобную (по кратчайшему маршруту) передачу зерна после увлажнения на измельчение. Такое решение оправдано при индивидуальном проектировании мукомольных заводов и использовании монолитного железобетона при строительстве.

В практике проектирования и строительства мукомольных заводов из сборных железобетонных элементов бункера для увлажнения располагают вместе с бункерами для неочищенного зерна в торце здания со стороны подготовительного отделения или в отдельно стоящем здании. Это несколько усложняет передачу зерна и требует дополнительных транспортных механизмов. Однако при этом значительно упрощаются строительные-монтажные работы по возведению каркаса здания и бункеров. На рисунке 24 показаны примеры расположения бункеров для неочищенного зерна и для увлажнения. Загружают бункера для увлажнения с помощью винтовых конвейеров. Причем для обеспечения равномерного увлажнения зерна его длина должна быть не менее 4 м. При невозможности устройства винтовых конвейеров определенной длины располагают их в два яруса, один над другим. Причем верхний

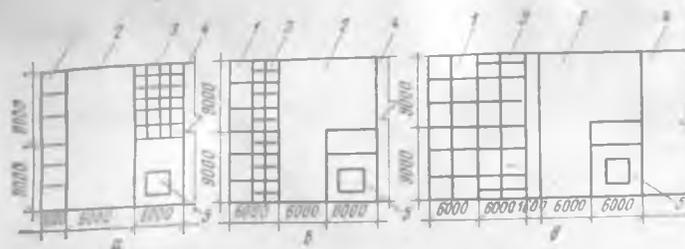


Рис. 24. Расположение бункеров для увлажнения:

а — у лестничной клетки; б — совместно с бункерами для неочищенного зерна; в — совместно, но в отдельно стоящем блоке; г — цепной конвейер; д — самотечные трубы; ж — бункера для неочищенного зерна; з — бункера для увлажнения; 4 — винтовой конвейер

конвейер служит для перемешивания увлажненного зерна и монтажа на нем увлажняющего аппарата, а нижний — для распределения зерна по бункерам.

При проектировании распределения зерна по бункерам необходимо предусмотреть под днищем винтового конвейера устройство самотечных труб с задвижками, позволяющими регулировать дозирование зерна. Однако использование таких самотечных труб усложняется, если требуется дозировать зерно одновременно в два или три ряда бункеров. В этом случае необходимо запроектировать устройства делителей зерна, что требует монтажа винтовых конвейеров на определенной высоте. На рисунке 25 представлены различные варианты распределения зерна, встречающиеся на мукомольных заводах.

Бункера для увлажнения перед первой измельчающей системой размольного отделения (первая драная система, плющильная система и т. п.) размещают, как правило, в размольном отделении мукомольного завода. При изготовлении бункеров используют листовую сталь и другие материалы. Размеры бункеров по высоте и в плане выбирают в зависимости от конкретных условий проектирования.

Бункера для оперативного хранения отходов также можно изготавливать из листовой стали. Конфигурация их должна обеспечить свободное истечение отходов (рис. 26). Для этого угол наклона конусной части днищ должен быть не менее 50..60°. Как правило, бункера имеют прямоугольное течение, и выпускное отверстие через патрубок соединяется с шлюзовым питателем. Бункера для отходов всех категорий и для куколя монтируют в одном месте, образуя блок. Каждый бункер снабжают датчиками уровня, что обеспечивает автоматическое управление пневмотранспортом отходов в цех отходов или на

комбикормовый завод. Лучший вариант расположения бункеров для отходов — на первом этаже производственного здания.

Оперативные бункера над или под технологическим оборудованием предусматривают только в том случае, если это необходимо по условиям эксплуатации оборудования. Эти условия обязательно оговаривают в соответствующей справочной литературе. Так, например, весовое оборудование обязательно снабжается надвесовым или подвесовым бункерами. Оперативный бункер над шелушильно-шлифовальной машиной типа А1 ЗШН-3 должен обеспечивать постоянную заполненность рабочей зоны оборудования зерном, чтобы не изменялась интенсивность обработки поверхности. Такие бункера, как правило, изготавливают из листовой стали. Конфигурация

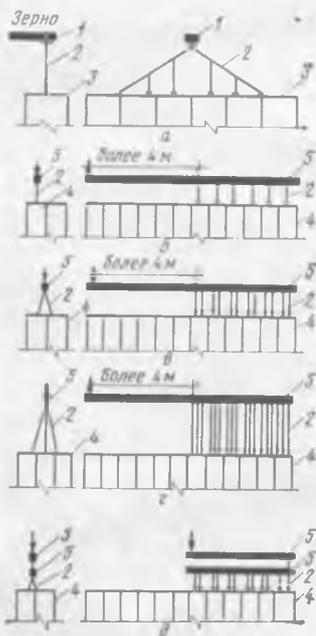


Рис. 25. Расположение зерна по бункерам:

а — стационарными самотечными трубами; б — винтовым конвейером в один ряд бункеров; в — то же, в два ряда бункеров; г — то же, в три ряда бункеров; д — двумя винтовыми конвейерами; 1 — цепной конвейер; 2 — стационарные самотечные трубы; 3 — бункера для неотвощенного зерна; 4 — бункера для отволаживания; 5 — распределительный винтовой конвейер

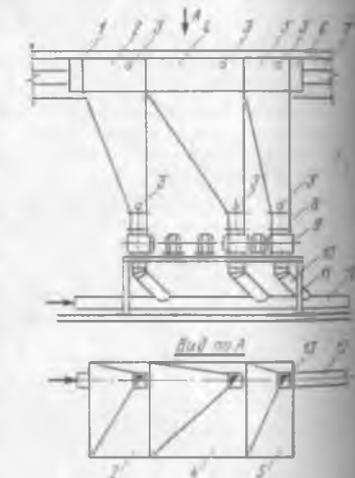


Рис. 26. Компонка бункеров для оперативного хранения отходов:

1 — перекрытие этажа; 2 — бункер для отходов III категории; 3 — датчики уровня; 4 — бункер для отходов I, II категории; 5 — бункер для мусора; 6 — второстепенный балка перекрытия; 7 — ригель; 8 — затрубник; 9 — шлюзовый питатель; 10 — пневматический приемник типа «тройник»; 11 — металлическая рама; 12 — пневмотранспортер; 13 — выпускное отверстие

бункера должна обеспечить размещение необходимого запаса зерна, а также бесперебойное истечение его в рабочую зону оборудования. Чаще всего бункера монтируют непосредственно над оборудованием образуя с ним единое целое. При больших габаритных размерах бункера возможно его крепление к перекрытию верхележащего этажа.

Мукомольные и крупяные заводы средней производительности, как правило, размещают в зданиях из сборного железобетона с унифицированной сеткой колонн. При этом шаг колонн в продольном направлении принимают равным 6 м, а в поперечном — 9 м или 6 м. При шаге колонн в поперечном направлении 9 м здание чаще всего выбирают двухпролетным, а при размере 6 м здание может быть двух- и трехпролетным. Подготовительные отделения мукомольных и крупяных заводов ориентировочно занимают по длине 2...4 шага между колоннами в продольном направлении. Ширину подготовительного отделения принимают равной ширине перерабатывающего отделения (размольного или шелушильного). Высоту этажей подготовительного отделения принимают равной высоте соответствующих этажей перерабатывающего отделения. Таким образом, работу по определению размеров здания следует начинать с определения размеров перерабатывающего отделения.

Длину подготовительного отделения можно определить расчетным путем. Для этого необходимо выбрать этаж, где располагается наиболее габаритное технологическое оборудование и бункера, и после ориентировочного их размещения на плане с учетом необходимых проходов рассчитать приближенное значение длины подготовительного отделения. Как правило, наиболее габаритным оборудованием подготовительных отделений являются сепараторы, камнеотделительные машины, триеры, а также моечные машины, если они расположены большей стороной вдоль длинной оси здания.

При определении размеров следует учитывать только габаритные размеры основного технологического оборудования, предполагая, что вспомогательное оборудование будет располагаться между основным оборудованием по ширине здания. Лестничная клетка, которая находится между перерабатывающим и подготовительным отделением, также должна быть учтена. Таким образом, при расчет ориентировочной длины подготовительного отделения необходимо предварительно определить место расположения бункеров, оборудования, норий или материалопроводов, а также лестничной клетки. Общая длина подготовительного отделения  $L_3$  получается из выражения

$$L_3 = L_0 + L_6 + L_{л*}$$

комбикормовый завод. Лучший вариант расположения бункеров для отходов — на первом этаже производственного здания.

Оперативные бункера над или под технологическим оборудованием предусматривают только в том случае, если это необходимо по условиям эксплуатации оборудования. Эти условия обязательно оговаривают в соответствующей справочной литературе. Так, например, весовое оборудование обязательно снабжается навесным или подвесным бункерами. Оперативный бункер над шелушильно-шлифовальной машиной типа А1

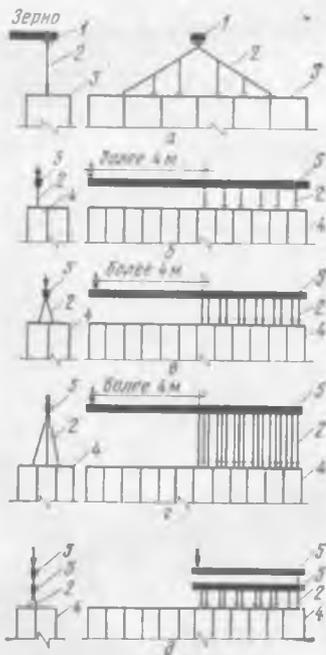


Рис. 25. Расположение зерна по бункерам:

а — стационарными самотечными трубами; б — винтовым конвейером в один ряд бункеров; в — то же, в два ряда бункеров; г — то же, в три ряда бункеров; д — двумя винтовыми конвейерами; 1 — цепной конвейер; 2 — стационарные самотечные трубы; 3 — бункера для неочищенного зерна; 4 — бункера для отволаживания; 5 — распределительный винтовой конвейер

ЗШН-3 должен обеспечивать постоянную заполненность рабочей зоны оборудования зерном, чтобы не изменялась интенсивность обработки поверхности. Такие бункера, как правило, изготавливают из листовой стали. Конфигурация

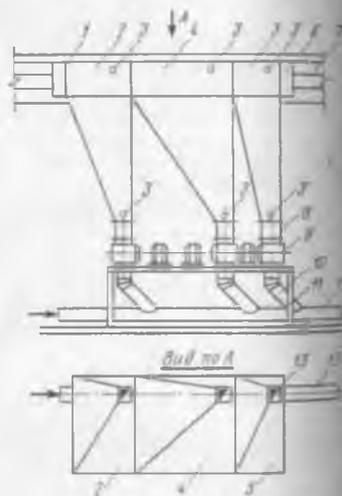


Рис. 26. Компонка бункеров оперативного хранения отходов:

1 — перекрытие этажа; 2 — бункер для отходов III категории; 3 — датчики уровня; 4 — бункер для отходов I, II категории; 5 — бункер для куколя; 6 — вращающаяся балка перекрытия; 7 — ригель; 8 — патрубок; 9 — шлюзовый питатель; 10 — пневмоприемник типа «тройники»; 11 — металлическая рама; 12 — пневмотранспортер; 13 — выпускное отверстие

бункера должна обеспечить размещение необходимого запаса зерна, а также бесперебойное истечение его в рабочую зону оборудования. Чаще всего бункера монтируют непосредственно над оборудованием, образуя с ним единое целое. При больших габаритных размерах бункера возможно его крепление к перекрытию верхнего этажа.

Мукомольные и крупяные заводы средней производительности, как правило, размещают в зданиях из сборного железобетона с унифицированной сеткой колонн. При этом шаг колонн в продольном направлении принимают равным 6 м, а в поперечном — 9 м или 6 м. При шаге колонн в поперечном направлении 9 м здание чаще всего выбирают двухпролетным, а при размере 6 м здание может быть двух- и трехпролетным. Подготовительные отделения мукомольных и крупяных заводов ориентировочно занимают по длине 2...4 шага между колоннами в продольном направлении. Ширину подготовительного отделения принимают равной ширине перерабатывающего отделения (размольного или шелушильного). Высоту этажей подготовительного отделения принимают равной высоте соответствующих этажей перерабатывающего отделения. Таким образом, работу по определению размеров здания следует начинать с определения размеров перерабатывающего отделения.

Длину подготовительного отделения можно определить расчетным путем. Для этого необходимо выбрать этаж, где располагается наиболее габаритное технологическое оборудование и бункера, и после ориентировочного их размещения на плане с учетом необходимых проходов рассчитать приближенное значение длины подготовительного отделения. Как правило, наиболее габаритным оборудованием подготовительных отделений являются сепараторы, камнеотделительные машины, триеры, а также моечные машины, если они расположены большей стороной вдоль длинной оси здания.

При определении размеров следует учитывать только габаритные размеры основного технологического оборудования, предполагая, что вспомогательное оборудование будет располагаться между основным оборудованием по ширине здания. Лестничная клетка, которая находится между перерабатывающим и подготовительным отделением, также должна быть учтена. Таким образом, при расчете ориентировочной длины подготовительного отделения необходимо предварительно определить место расположения бункеров, оборудования, норий или материалопроводов, а также лестничной клетки. Общая длина подготовительного отделения  $L_3$  получается из выражения

$$L_3 = L_0 + L_6 + L_n,$$

спортных средств подготовительного отделения. Одновременно определяют место и способ передачи зерна в перерабатывающее отделение и отходов в цех отходов.

Далее, используя поэтажную схему, приступают к окончательному размещению оборудования. Оборудование каждой технологической линии («цепочки оборудования») необходимо располагать по возможности в одной вертикальной плоскости. При этом необходимо, чтобы самотечные трубы, по которым транспортируется зерно, проходили под углом не менее  $30...40^\circ$ , а самотечные трубы, по которым перемещаются отходы, — под углом не менее  $45...50^\circ$ .

Все оборудование необходимо располагать с таким расчетом, чтобы выпускные отверстия для зерна и отходов не попадали на ригели и промежуточные балки перекрытий, т. е. с учетом конструктивных особенностей оборудования. Так, винтовые конвейеры для сбора и передачи зерна из бункеров размещают или на полу, или на специальной площадке из металлоконструкций. Выпуск зерна из винтового конвейера должен обеспечить передачу его самотеком в оборудование, расположенное под бункерами. На первую технологическую линию очистки зерно поднимается с помощью нории. Место прохождения норийных труб отмечают на каждом этаже, что позволяет сохранить регламентированные проходы между оборудованием.

Оборудование технологической линии для гидротермической обработки зерна необходимо располагать вблизи бункеров для отволаживания. Число транспортных и распределительных винтовых конвейеров выбирают в зависимости от числа рядов бункеров и их расположения на плане этажа. Высота расположения распределительных винтовых конвейеров должна обеспечить монтаж самотечного и распределительного оборудования (самотечных труб, задвижек, распределительных клапанов и т. п.) между винтовым конвейером и бункерами, она обычно составляет  $0,7...1,0$  м. Длина этих транспортных механизмов должна обеспечить последовательное или параллельное распределение зерна во все бункера. Увлажняющие аппараты чаще всего устанавливают непосредственно на винтовых конвейерах, распределяющих зерно в бункера. Зерно из-под бункеров для отволаживания дозируется и передается на обработку поверхности зерна. Винтовые конвейеры под бункерами необходимо устанавливать на специальных площадках из металлоконструкций. Дозаторы для зерна монтируют непосредственно на винтовых конвейерах. Число дозаторов должно обеспечить необходимую производительность операции, их принимают не менее чем по одному на каждый бункер для зерна. Перед машинами для обработки поверхности зерна обязательна установка аппаратов для удаления металломагнитных примесей, а по-

сле них — пневмоасpirаторов для удаления продуктов шелушения.

Обеочные и щеточные машины при их расположении на нижнем этаже производственного здания используют со встроенными пневмоприемниками. Эти машины жестко связаны с материалопроводами пневмотранспортеров, а пневмотранспортеры — с пневмоасpirаторами. Поэтому вопрос об установке винтовых конвейеров под бункерами для отволаживания, магнитных аппаратов, обеочных и щеточных машин, а также пневмоасpirаторов решают комплексно. Материалопроводы, соединяющие обеочные, щеточные машины с пневмоасpirаторами, не должны попадать на балки, ригели и не должны проходить через бункера и пересекать проходы между оборудованием. Материалопроводы целесообразно располагать у стен бункеров, около ригелей, но так, чтобы они не препятствовали свободно обслуживанию другого оборудования. В связи с этим на планах всех этажей места, занимаемые материалопроводами, показывают в виде отверстия диаметром  $0,2$  м.

Первая машина следующей технологической линии должна находиться непосредственно под пневмоасpirатором и связываться с ним самотечным транспортом. При передаче зерна после второй обработки поверхности на технологическую линию перед I драной системой необходимо пневмоасpirатор располагать ближе к размольному отделению. Передачу зерна в размольное отделение чаще всего осуществляют с помощью винтового конвейера, который принимает зерно из-под пневмоасpirатора и транспортирует на первое оборудование технологической линии перед I драной системой. Винтовой конвейер располагают на специальных металлоконструкциях горизонтально. Обычно для изготовления металлоконструкций используют угловую сталь  $63 \times 63$ ,  $75 \times 75$ , а также швеллеры № 10, 12. Технологическое оборудование и бункера перед I драной системой устанавливают в одной вертикальной плоскости над вальцовыми станками (рис. 28, а...д — варианты).

Оборудование для обработки и контроля отходов размещают после компоновки основного технологического оборудования. Отходы раздельно по категориям необходимо собирать на соответствующие пневмоприемники и пневмотранспортом передать на линию контроля. Возможны изменения в расположении оборудования для контроля отходов после анализа загруженности этажей основным оборудованием. При этом число вертикальных подъемов оставляют без изменений.

Первое оборудование технологических линий для контроля отходов — бураты и контрольные триеры — необходимо расположить на верхнем этаже производственного здания непосредственно под циклонами-разгрузителями соответствующих линий.

спортных средств подготовительного отделения. Одновременно определяют место и способ передачи зерна в перерабатывающее отделение и отходов в цех отходов.

Далее, используя поэтажную схему, приступают к окончательному размещению оборудования. Оборудование каждой технологической линии («цепочки оборудования») необходимо располагать по возможности в одной вертикальной плоскости. При этом необходимо, чтобы самотечные трубы, по которым транспортируется зерно, проходили под углом не менее  $30...40^\circ$ , а самотечные трубы, по которым перемещаются отходы, — под углом не менее  $45...50^\circ$ .

Все оборудование необходимо располагать с таким расчетом, чтобы выпускные отверстия для зерна и отходов не попадали на ригели и промежуточные балки перекрытий, т. е. с учетом конструктивных особенностей оборудования. Так, винтовые конвейеры для сбора и передачи зерна из бункеров размещают или на полу, или на специальной площадке из металлоконструкций. Выпуск зерна из винтового конвейера должен обеспечить передачу его самотеком в оборудование, расположенное под бункерами. На первую технологическую линию очистки зерно поднимается с помощью норрии. Место прохождения норрийных труб отмечают на каждом этаже, что позволяет сохранить регламентированные проходы между оборудованием.

Оборудование технологической линии для гидротермической обработки зерна необходимо располагать вблизи бункеров для отволаживания. Число транспортных и распределительных винтовых конвейеров выбирают в зависимости от числа рядов бункеров и их расположения на плане этажа. Высота расположения распределительных винтовых конвейеров должна обеспечить монтаж самотечного и распределительного оборудования (самотечных труб, задвижек, распределительных клапанов и т. п.) между винтовым конвейером и бункерами, она обычно составляет  $0,7...1,0$  м. Длина этих транспортных механизмов должна обеспечить последовательное или параллельное распределение зерна во все бункера. Увлажняющие аппараты чаще всего устанавливают непосредственно на винтовых конвейерах, распределяющих зерно в бункера. Зерно из-под бункеров для отволаживания дозируется и передается на обработку поверхности зерна. Винтовые конвейеры под бункерами необходимо устанавливать на специальных площадках из металлоконструкций. Дозаторы для зерна монтируют непосредственно на винтовых конвейерах. Число дозаторов должно обеспечить необходимую производительность операции, их принимают не менее чем по одному на каждый бункер для зерна. Перед машинами для обработки поверхности зерна обязательно установка аппаратов для удаления металломагнитных примесей, а по-

сле них — пневмоасpirаторов для удаления продуктов шелушения.

Обочные щеточные машины при их расположении на нижнем этаже производственного здания используют со встроенными пневмоприемниками. Эти машины жестко связаны с материалопроводами пневмотранспортеров, а пневмотранспортеры — с пневмоасpirаторами. Поэтому вопрос об установке винтовых конвейеров под бункерами для отволаживания, магнитных аппаратов, обочных и щеточных машин, а также пневмоасpirаторов решают комплексно. Материалопроводы, соединяющие обочные, щеточные машины с пневмоасpirаторами, не должны попадать на балки, ригели и не должны проходить через бункера и пересекать проходы между оборудованием. Материалопроводы целесообразно располагать у стен бункеров, около ригелей, но так, чтобы они не препятствовали свободному обслуживанию другого оборудования. В связи с этим на планах всех этажей места, занимаемые материалопроводами, показывают в виде отверстия диаметром  $0,2$  м.

Первая машина следующей технологической линии должна находиться непосредственно под пневмоасpirатором и связываться с ним самотечным транспортом. При передаче зерна после второй обработки поверхности на технологическую линию перед I драной системой необходимо пневмоасpirатор располагать ближе к размольному отделению. Передачу зерна в размольное отделение чаще всего осуществляют с помощью винтового конвейера, который принимает зерно из-под пневмоасpirатора и транспортирует на первое оборудование технологической линии перед I драной системой. Винтовой конвейер располагают на специальных металлоконструкциях горизонтально. Обычно для изготовления металлоконструкций используют уголковую сталь  $63 \times 63$ ,  $75 \times 75$ , а также швеллеры № 10, 12. Технологическое оборудование и бункера перед I драной системой устанавливают в одной вертикальной плоскости над вальцовыми станками (рис. 28, а...д — варианты).

Оборудование для обработки и контроля отходов размещают после компоновки основного технологического оборудования. Отходы раздельно по категориям необходимо собрать на соответствующие пневмоприемники и пневмотранспортом передать на линию контроля. Возможны изменения в расположении оборудования для контроля отходов после анализа загрузки вострой этажей основным оборудованием. При этом число вертикальных подъемов оставляют без изменений.

Первое оборудование технологических линий для контроля отходов — бураты и контрольные триеры — необходимо расположить на верхнем этаже производственного здания непосредственно над циклонами-разгрузителями соответствующих линий.

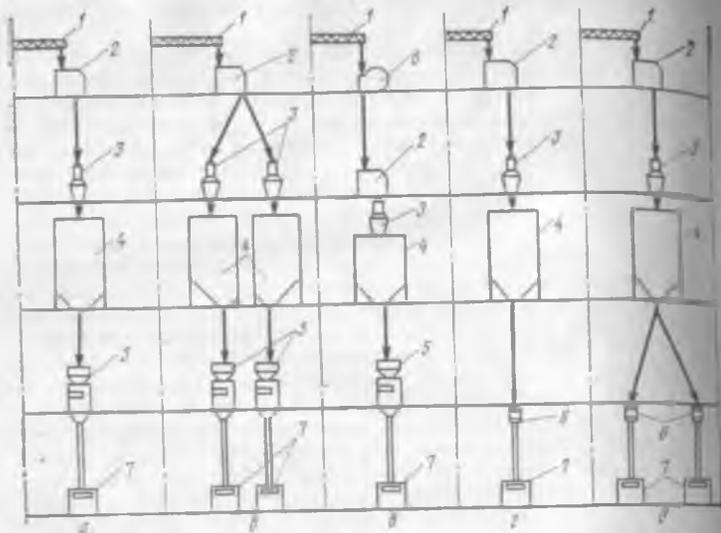


Рис. 28. Компонировка оборудования технологической линии перед первой измельчающей системой:  
 1 — винтовой конвейер; 2 — электромагнитный сепаратор; 3 — увлажнительная машина;  
 4 — бункер; 5 — автоматические весы; 6 — расходомер; 7 — вальцовый станок; 8 — аспиратор

Последующее оборудование линий контроля отходов размещают на этажах с таким расчетом, чтобы передача отходов с машины на машину осуществлялась самотеком.

Автоматические весы для взвешивания отходов I, II категорий необходимо установить над бункерами для отходов. Оборудование технологической линии для обработки моечных вод необходимо расположить в непосредственной близости от моечных машин. Зерноуловитель размещают на этаже под моечной машиной, а сушилку — под зерноуловителем. Так как просушенные отходы контролируются на линии контроля отходов I, II категорий, то зерноосушку необходимо установить в непосредственной близости от пневмоприемника этой технологической линии.

После размещения основного определяют место расположения аспирационного (фильтры, циклоны, вентиляторы) и другого вспомогательного оборудования. Если в результате компоновки оборудование и бункера располагаются с нарушением

норм минимальных проходов, то выбирают другой вариант размещения или увеличивают длину подготовительного отделения в соответствии с унифицированными размерами шага между колоннами.

### § 5. РАЗМЕЩЕНИЕ ОБОРУДОВАНИЯ РАЗМОЛЬНОГО ОТДЕЛЕНИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЗМЕРОВ ЗДАНИЯ

При размещении оборудования размольного отделения руководствуются определенными принципами.

На каждом этаже необходимо размещать одноименное оборудование. Производственная площадь должна быть использована с максимальной эффективностью. Вальцовые станки размещают в зависимости от способа забора и транспортирования продуктов измельчения. Если вальцовый станок конструктивно выполнен совместно с пневмоприемниками (вальцовые станки типа ЗС, БВ...) и имеют верхний забор продуктов (материалопроводы присоединяются к патрубкам сверху вальцового станка), то такое оборудование можно устанавливать на нижнем этаже здания. При нижнем заборе продуктов вальцовые станки необходимо разместить на втором этаже. В этом случае на нижнем этаже устанавливают пневмоприемники или башмаки норий. Располагают вальцовые станки осью мелющих валков параллельно или перпендикулярно продольной оси здания. При этом необходимо учитывать, чтобы приемные и выпускные отверстия вальцовых станков не попадали на ригели или второстепенные балки перекрытий. По условиям монтажа приемные патрубки вальцовых станков должны быть вертикальными до уровня пола вышерасположенного этажа, образуя своеобразный бункер.

Вальцовые станки необходимо устанавливать на деревянные основания толщиной 90 мм, под которые кладут слой листовой резины толщиной 10 мм. В зависимости от производительности мукомольного завода вальцовые станки можно устанавливать в два, три, четыре и более рядов.

Рассевы размещают под этажом циклонов-разгрузителей или головок норий. В зависимости от производительности мукомольного завода рассевы можно устанавливать в два, четыре ряда длиной осью параллельно продольной оси здания. Допускается расположение рассевов длиной осью перпендикулярно продольной оси здания. При размещении рассевов выпускные патрубки не должны попадать на балки перекрытий. Поэтому целесообразно на плане этажа показывать схему днища рассева с нанесенными выпускными отверстиями. При установке рассевов и вальцовых станков, при их компоновке в ряды, а для вальцовых станков и в группы стремятся, чтобы оборудо-

вание равномерно заполняло рабочую площадь пола. При этом избегают вытянутых по продольной оси производственных помещений, что затрудняет коммуникационную увязку технологического оборудования.

Ситовеечные машины необходимо располагать под рассеваемым этажом. Для своего обслуживания ситовеечные машины требуют подхода с четырех сторон. Поэтому их группами не устанавливают. Проходы между ситовеечными машинами должны обеспечивать проведение самотечных труб между смотровыми окнами смежных ситовеечных машин. Поэтому суммарную величину проходов  $B_0$  (мм) между смежными ситовеечными машинами можно определить по формуле

$$B_0 = B_1 + 2B_2 + 2B_3,$$

где  $B_1$  — проход между самотечными трубами не менее 800 мм;  $B_2$  — диаметр самотечной трубы ориентировочно 140 мм;  $B_3$  — расстояние между ситовеечной машиной и самотечной трубой — 50 мм.

При диаметре самотечной трубы  $B_2=140$  мм,  $B_1=800$  мм и  $B_3=50$  мм,  $B_0=1180$  мм.

Окончательное размещение ситовеечных машин уточняют после разработки проекта коммуникации материальных потоков.

Вымольные машины используют для обработки высокозольных сходов с рассевов «низких» (IV, V, VI) драных систем на операции вымола оболочек. Поэтому их необходимо устанавливать после соответствующих систем рассевов. Точное местоположение вымольных машин можно определить только после выполнения проекта коммуникации материальных потоков, когда будет известно месторасположение систем рассевов. Как правило, вымольные машины устанавливают индивидуально с соблюдением регламентированных проходов, не менее 0,8 м от строительных конструкций, другого оборудования, самотечного транспорта и материалопроводов. Щеточные машины для обработки отрубянистых продуктов последних драных и размольных систем устанавливают аналогично.

Пневмобичевые машины размещают над рассевами соответствующих систем на этаже пневмотранспортного оборудования. Устанавливают пневмобичевые машины на специальных металлоконструкциях или на полу с таким расчетом, чтобы они были повернуты патрубком к месту выхода материалопровода из патрубкового станка на пневмотранспортный этаж. Высота металлоконструкций для установки машин и крепления шлюзовых питателей должна обеспечить удобство обслуживания и ремонта машин.

Доизмельчители (энтолейторы, деташеры) можно устанавливать на этаже под вальцовыми станками или на этаже над рас-

севами соответствующих систем. Конструктивно энтолейторы и деташеры выполнены таким образом, что их можно располагать на полу, подвешивать к потолочному перекрытию или к металлической раме. Вариант установки энтолейторов и деташеров выбирают в зависимости от конкретных условий проектирования. Как правило, вопрос о размещении доизмельчителей решается после разработки проекта коммуникации, так как это оборудование устанавливают строго после конкретных систем вальцовых станков и перед спроектированными ранее системами рассевов.

Вальцовые станки, вымольные машины и другие конструкции измельчителей относятся к машинам ударного действия. Поэтому перед каждым оборудованием необходима установка магнитных заграждений. Магнитные заграждения над вальцовыми станками располагают на полу этажа непосредственно над приемными патрубками вальцовых станков. Над другим оборудованием магнитную защиту устанавливают после размещения основного оборудования на свободной площади верхнележащего этажа. Возможна установка магнитных аппаратов на одном этаже с основным оборудованием на специальной металлоконструкции. В некоторых случаях при выполнении проекта реконструкции допускается установка магнитов в самотечных трубах. Во всех случаях при расположении аппаратов для выделения металломангнитных примесей необходимо соблюдать регламентированные нормы проходов от основного оборудования и строительных конструкций.

Циклоны-разгрузители пневмотранспортеров, пневматические коллекторы, циклоны вторичной очистки пневматических сетей необходимо располагать на верхнем этаже размольного отделения. Так как после циклонов-разгрузителей продукты, как правило, сортируют в рассевах, то их необходимо размещать таким образом, чтобы обеспечить удобную передачу продуктов самотеком в приемные устройства рассевов. Циклоны-разгрузители устанавливают группами с приводом шлюзовых затворов от одного вала. Шлюзовые питатели находятся на металлоконструкциях из углоковой стали. Высота рамы от уровня пола должна обеспечить удобство обслуживания и ремонта оборудования, ее принимают 0,8...1,2 м. Возможны отклонения в зависимости от конкретных условий проектирования.

Аспирационное оборудование — фильтры ситовеечных машин, циклоны аспирационных сетей, вентиляторы необходимо размещать в непосредственной близости от обеспыливаемого оборудования, чтобы сократить протяженность аспирационных сетей. Как правило, аспирационное оборудование размещается индивидуально с обеспечением прохода вокруг оборудования не менее 0,8 м. Всасывающие фильтры, как и габаритное оборудо-

вание, необходимо размещать ближе к продольной оси здания, чтобы не снижать естественной освещенности помещения.

При использовании расसेвов шкафной конструкции, как правило, наиболее загруженным этажом является вальцовый. В некоторых случаях при большом числе систем пересеевов и низкой удельной нагрузке наиболее загруженным этажом может быть рассевной. Поэтому размеры размольного отделения необходимо уточнить после размещения вальцовых станков и рассева. Основными оценочными критериями размещения являются соотношение ширины и длины, периметр помещения, коэффициент использования площади этажа. Опыт проектирования и эксплуатации мукомольных заводов свидетельствует, что форма помещения размольного отделения должна приближаться в плане к квадрату. В случаях вытянутой формы размольного отделения осложняется коммуникационная увязка оборудования, появляется необходимость в устройстве дополнительных транспортных перемещений зерна и продуктов технологии. При одной и той же занимаемой площади периметр здания должен быть минимальным, что сокращает затраты на строительство.

Коэффициент использования площади этажа  $\eta_n$  (%) должен стремиться к максимуму:

$$\eta_n = F_o / F_n,$$

где  $F_o$  — площадь, занимаемая оборудованием, м<sup>2</sup>;  $F_n$  — площадь пола, м<sup>2</sup>.

На рисунке 29 представлена схема расположения вальцовых станков для определения ширины и длины размольного отделения мукомольного завода. Вальцовые станки расположены в четыре ряда продольной осью вдоль продольной оси здания группами по три и два станка. На этаже вальцовых станков также проходит три ряда материалопроводов — вдоль продольной стен и по продольной оси помещения.

Длина здания мукомольного завода  $L_z$  (м) складывается из суммарной длины вальцовых станков, суммарной длины расстояний между вальцовыми станками в группе, суммарной длины электродвигателей, выступающих в поперечные проходы, и суммарной длины проходов.

Расстояние между группами вальцовых станков принимают не менее 1000 мм, а проход от стен до вальцовых станков не менее 1250 мм.

В соответствии со схемой на рисунке 28

$$L_o = 5l_1 + 3l_2 + 3l_3 + l_4 + 2l_5,$$

где  $l_1$  — длина вальцового станка, м;  $l_2$  — расстояние между вальцовыми станками в группе, м;  $l_3$  — длина электродвигателя, выступающего в проход, м;  $l_4$  — расстояние между группами вальцовых станков, м;  $l_5$  — расстояние от стены и вальцовым станком, м.

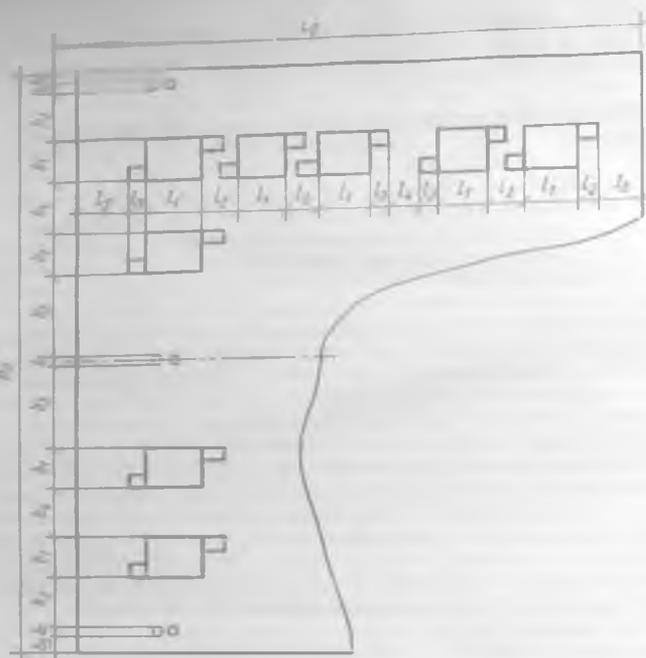


Рис. 29. Схема расположения вальцовых станков и определение размеров размольного отделения в плане

Ширину здания по вальцовому этажу  $B_o$  (м) можно также рассчитать в соответствии со схемой, приведенной на рисунке 29:

$$B_o = 4b_1 + 3b_2 + 4b_3 + 2b_4 + 2b_5,$$

где  $b_1$  — ширина вальцового станка, м;  $b_2$  — максимальный диаметр материалопровода или размер норки, м;  $b_3$  — проход между рядом вальцовых станков и рядом материалопроводов (генеральный проход), равный не менее 1,250 м;  $b_4$  — проход между рядами вальцовых станков, м;  $b_5$  — расстояние от стены до материалопроводов или норки, равное 0,15 м.

Полученные значения ширины и длины помещения размольного отделения необходимо уточнить по унифицированному шагу колонн в продольном и поперечном направлении.

Для мукомольных заводов производительностью 180... 500 т/сут достаточно иметь двухпролетное здание с шагом ко-

лонн по ширине 9 м. Мукомольные заводы производительностью 1000 т/сут и более можно строить с большим числом пролетов в поперечном направлении.

## § 6. КОМПОНОВКА ОБОРУДОВАНИЯ РАЗМОЛЬНОГО ОТДЕЛЕНИЯ

Определив размер размольного отделения в плане и выбрав число пролетов в продольном и поперечном направлении, вычерчивают планы этажей с нанесением основных элементов строительных конструкций: ригелей, промежуточных балок, колонн и стен. Затем размещают технологическое оборудование на планах с учетом особенностей строительных конструкций. При этом размеры производственного помещения могут быть уточнены.

Компонуя вальцовые станки, необходимо предусмотреть место у стен и продольной оси для проведения материалопроводов пневмотранспортеров. При верхнем заборе продуктов материалопроводы на этаже вальцовых станков идут вертикально до пола следующего этажа, затем отклоняются или к продольной осевой линии здания или к стенам помещения. Так как материалопроводы должны проходить через этажи здания, не пересекая оконных проемов и не уменьшая таким образом естественной освещенности помещения, то их отклоняют сразу в двух плоскостях: и к стенам, и к простенкам. Материалопроводы, которые отклоняют к продольной оси, группируют таким образом, чтобы не нарушать поперечных проходов в помещении.

При нижнем заборе продукты из-под вальцовых станков могут транспортироваться сразу материалопроводом или самотечной трубой на пневмоприемники пневмотранспортеров. В первом случае материалопровод должен иметь горизонтальный участок, что делает транспорт более энергоемким из-за необходимости иметь повышенную скорость продуктов в материалопроводе.

При нижнем заборе продуктов, когда под этажами вальцовых станков есть свободный этаж, на нем удобно располагать, кроме пневмоприемников, материалопроводов, и электродвигатели привода вальцовых станков. Для размещения электродвигателей устраивают специальную металлическую конструкцию, к которой крепят основание электродвигателей с таким расчетом, чтобы обеспечить натяжение приводных ремней. Вся конструкция крепится под перекрытием этажа. Далее оборудование по этажам располагается в следующем порядке. Над этажом вальцовых станков находится распределительный этаж с магнитными аппаратами над вальцовыми станками, выше — этаж ситовечных машин, еще выше — этаж рассевов. Последний этаж предназначается для размещения пневмотранспортного оборудования.

Материалопроводы пневмотранспортеров проходят через ситовечный и рассевной этажи строго вертикально, а на верхнем этаже плавно изгибаются по радиусу больше шести диаметров для соединения с циклоном-разгрузителем. Как правило, радиус закругления материалопровода 3 м и более, что обеспечивает продольные проходы на верхнем этаже.

Циклоны-разгрузители необходимо сгруппировать так, чтобы обеспечить оптимальную передачу продуктов в рассевы или на другое оборудование. Как правило, ряд циклонов-разгрузителей располагают над рядом приемов рассевов. На верхнем производственном этаже также устанавливают батарейные циклоны вторичной очистки пневмотранспортных сетей, некоторые вентиляторы и фильтры аспирационных сетей. Причем батарейные циклоны вторичной очистки необходимо располагать в середине здания между рядами циклонов-разгрузителей.

Ситовечные машины обогащают крупки и дунсты, извлеченные на крупобразующих системах в драном или шлифовочном процессе. Поэтому их необходимо расположить под соответствующими системами рассевов и увязать самотечными трубами выпускные патрубки рассевов и приемные патрубки ситовечных машин. Начальные крупобразующие системы и первые шлифовочные удобнее размещать в рассевах, расположенных около стен подготовительного отделения. В связи с этим ситовечные машины чаще всего располагаются в два ряда, по одному ряду в пролете продольной осью перпендикулярно продольной оси здания, начиная от стены, разделяющей размольное и подготовительное отделения.

Фильтры необходимо ориентировать приемной коробкой в сторону аспирируемых ситовечных машин, а сборным коллектором обеспыленного воздуха к вентилятору, который устанавливают на этом же этаже. Фильтры в середине здания между рядами ситовечных машин следует размещать на расстоянии не менее чем на 0,8 м от строительных конструкций и линии материалопроводов. На этаже ситовечных машин также устанавливают бичевые машины для вымола высокозольных сходов «низких» драных систем. Так как всегда «низкие» драные системы располагаются в конце ряда драных рассевов ближе к упаковочному отделению, то бичевые машины необходимо располагать непосредственно под этими рассевами, т. е. в последнем пролете, граничащим с фасовочным отделением. Около стены подготовительного отделения могут находиться бункера для отводжидания перед первой измельчающей системой, а у стены, разделяющей размольное и фасовочное отделение, норн для передачи муки в фасовочное отделение. Здесь же располагается оборудование для витаминизации муки и автоматические весы для посменного учета готовой продукции.

Компоновку оборудования размольного отделения уточняют после выполнения проекта коммуникации материальных потоков.

## § 7. КОМПОНОВКА ОБОРУДОВАНИЯ ШЕЛУШИЛЬНОГО ОТДЕЛЕНИЯ КРУПЯНОГО ЗАВОДА

Для крупяных заводов средней производительности комплектуют оборудование чаще всего в пятиэтажных зданиях, в которых верхний и нижний производственные этажи используют для размещения транспортного оборудования (головок и башмаков норий, пневмоприемников, циклонов-разгрузителей, пневмоасpirаторов и т. п.), а также aspirаторов, aspirационных колонок и некоторого другого вспомогательного оборудования. На промежуточных этажах располагают основное технологическое оборудование, а также aspirационное и другое вспомогательное оборудование.

Оборудование и бункера необходимо размещать таким образом, чтобы обеспечить передачу продуктов с оборудования верхнерасположенного этажа на оборудование и бункера нижерасположенного этажа самотеком. В этом случае для ведения технологического процесса будет использовано минимальное число транспортных механизмов и в целом весь процесс будет менее энергоемким. Кроме того, дополнительные подъемы продуктов усложняют коммуникационную увязку оборудования, а также затрудняют управление процессом. Анализ проектных решений, а также эксплуатация крупяных заводов свидетельствуют в пользу размещения одноименного оборудования на одном этаже.

Оборудование для шелушения не объединяют в группы. Вальцедековые станки для шелушения гречихи и проса располагают на расстоянии 1 м один от другого. Аналогично располагают шелушители с обрешеченными валками. Для обслуживания оборудования и регулирования его по заданному режиму необходимо по фронту ряда оборудования иметь проход не менее 1 м. Такой же проход оставляют с другой стороны. Шелушильные поставы с абразивными дисками также устанавливают с соблюдением проходов вокруг машины не менее 1 м. Над шелушильным оборудованием предусматривается устройство оперативных бункеров (рис. 30).

Шелушильно-шлифовочные машины А1-ЗШН-З с набором наждачных дисков используют как для шелушения, так и для шлифования. Их можно располагать в один-два ряда с расстоянием между машинами в ряду и между рядами машин не менее 1 м. Каждая машина связана воздухопроводом с циклоном-пылеотделителем через нижний отводящий патрубок. Поэтому



Рис. 30. Особенности размещения шелушителей:

а — вальцедековых станков; б — шелушителей с обрешеченными валками; в — шелушильных поставов; 1 — оперативный бункер; 2 — вальцедековый станок; 3 — шелушитель типа ЗРД; 4 — шелушильный постав

со стороны отводящего патрубка необходимо иметь увеличенный проход (более 1,5 м) для монтажа воздуховода (рис. 31). Со стороны, противоположной отводящему патрубку, оставляют проход не менее 1 м.

Шлифовальные машины с конусным абразивным ротором и вертикальной осью вращения устанавливают или поодиночке или группой по две машины, образуя ряды оборудования. Привод шлифовального постава осуществляется от электродвигателя, который может располагаться под перекрытием и над перекрытием. С точки зрения удобства обслуживания оборудования предпочтение необходимо отдать первому варианту. Расстояние между машинами в группе (см. рис. 30) может быть принято 0,5 м, а расстояние между группами машин должно быть 2,0...2,5 м. Свободная площадь между группами машин необходима для размещения ротора шлифовального постава при производстве ремонтных работ.

Устройство оперативных бункеров над шлифовальными поставами, а также устройство аспирации необходимо производить с учетом возможного монтажа и демонтажа роторов шлифовальных поставов, которые имеют диаметр по большому размеру 1500 мм. Для осуществления монтажных работ следует устраивать специальные монорельсовые транспортные средства или приспособления в перекрытиях для крепления грузовой тали. Оборудование для сортирования продуктов шелушения и шлифования необходимо устанавливать с таким расчетом, чтобы обеспечить удобство обслуживания и ремонта, а также увязку его с другим оборудованием и емкостями в соответствии с технологической схемой.

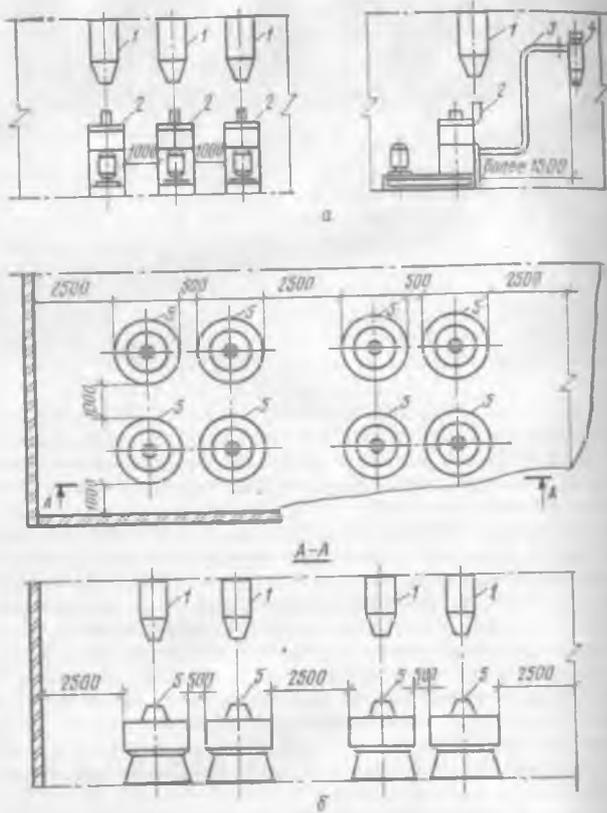


Рис. 31. Расположение шелушильно-шлифовальных машин:  
 а — машины А1-ЗШН-3; б — постава; 1 — приемный бункер; 2 — шелушильно-шлифовальная машина А1-ЗШН-3; 3 — воздуховод; 4 — циклон;  
 5 — шлифовальный постав с конусным абразивным ротором

Рассевы на крупных заводах размещают так же, как и на мукомольных заводах с соблюдением аналогичных регламентированных норм проходов. При креплении рассевов к перекрытию здания устраивают специальные металлоконструкции. Крупосортировки с возвратно-поступательным движением ситового

корпуса типа БКТ устанавливаются с проходом со стороны выемки сит не менее 1,25 м, а с трех других сторон — не менее 1 м. Место расположения крупосортировок диктуется в первую очередь коммуникационной их увязкой с другим оборудованием.

Специальные крупотделительные машины для разделения шелушенных и нешелушенных зерен устанавливают в зависимости от их конструктивных особенностей. Так, столы падди-машин совершают возвратно-поступательные движения с заданной амплитудой. Поэтому величина проходов с обеих сторон падди-машины в направлении движения рабочего стола должна быть увеличена на два значения амплитуды. Остальные проходы следует принять не менее 1 м. При группировке нескольких падди-машин на одном этаже могут возникать значительные горизонтальные усилия в направлении перемещения столов. Для устранения вредных влияний горизонтальных усилий на строительные конструкции здания падди-машины группируют попарно и устраивают общий привод с таким расчетом, чтобы взаимно погасить возникающие усилия. Перекрытия здания, на котором устанавливают падди-машины, должно быть усилено.

Ячменные крупотделители типа БКО устанавливают поодиночке с соблюдением регламентированных норм проходов от оборудования и строительных конструкций не менее 1 м со всех сторон. Самотечные крупотделители не требуют привода, не имеют движущихся частей. Поэтому величина прохода со всех четырех сторон может быть принята 0,8 м, что достаточно для проведения ремонтных и регулировочных работ.

Пневмосортировальные столы устанавливают поодиночке с соблюдением норм проходов вокруг оборудования не менее 0,8 м. Такие же нормы проходов необходимо соблюдать при установке буратов и аспираторов. Для монтажа этого оборудования специального этажа не выделяется. Чаще всего его располагают по ходу технологического процесса и увязывают с предыдущим и последующим оборудованием и бункерами самотечным транспортом.

Оборудование для вертикального транспорта, нор и материалопроводы пневмотранспортеров на крупных заводах устанавливают вдоль ригелей, т. е. рядами поперек продольной оси здания. Такое расположение транспортного оборудования увеличивает естественную освещенность производственных помещений и упрощает коммуникационную увязку оборудования и бункеров. Возможна также установка нор и материалопроводов пневмотранспортеров рядами параллельно продольной оси здания и у боковых стен и по осевой линии в середине здания.

Винтовые конвейеры и другое оборудование для горизонтального транспорта продуктов технологии может находиться на различной высоте, для чего используют специальные метал-

локонструкции. При этом необходимо соблюдать регламентированные нормы проходов от другого оборудования и строительных элементов здания. При установке аспирационного и пневмотранспортного оборудования необходимо учитывать, чтобы протяженность аспирационных воздуховодов, пневматических коллекторов и материалопроводов была бы минимальной.

Принципиально компоновка оборудования шелушильного отделения и бункеров не отличается от описанной выше. Аналогична также методика определения размеров здания.

#### **§ 8. КОМПОНОВКА ОБОРУДОВАНИЯ МУКОМОЛЬНЫХ ЗАВОДОВ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬЮ 500 т/сут НА КОМПЛЕКТНОМ ОБОРУДОВАНИИ**

Технологическое, транспортное, аспирационное и другое оборудование устанавливают в семизэтажном здании из сборного железобетона с размерами в плане по осям  $18,0 \times 84,2$  м. Бункера для неочищенного зерна и отволаживания имеют размеры в плане  $3 \times 3$  м и по высоте занимают три этажа — третий, четвертый, пятый. Для исключения самосортирования зерна при выпуске его из бункеров в днище каждого бункера устроено по 16 отверстий. Располагают бункера в торце подготовительного отделения рядами по шесть соответственно для секции А и секции Б. Вместимость шести бункеров для каждой секции 534 т.

К бункерам для неочищенного зерна вплотную примыкают бункера для отволаживания: шесть для секции А и столько же для секции Б. Бункера для отволаживания у боковых продольных стен здания разделены перегородками, образуя воздушную полость со стороны продольных стен, что исключает охлаждение зерна в холодное время года. Таким образом, бункера для неочищенного зерна и отволаживания образуют блок из 24 емкостей. К блоку вплотную примыкает помещение, где расположено основное технологическое и вспомогательное оборудование.

В целом подготовительное отделение вместе с бункерами размещено в здании с размерами в плане по осям  $18 \times 25,6$  м. Принципиально оборудование подготовительного отделения скомпоновано аналогично компоновке оборудования подготовительных отделений мукомольных заводов на традиционном оборудовании. Оборудование каждой технологической линии расположено одно под другим, образуя вертикальный поток в соответствии с технологической схемой. Передача зерна на последующие технологические линии осуществляется пневмотранспортом.

На верхнем седьмом этаже расположено пневмотранспортное оборудование, подогреватели для зерна по два на каждую секцию, четыре пневмосепаратора РЗ-БСД. На шестом этаже

четыре машины для мокрого шелушения зерна А1-БМШ, автоматические весы АД-50-ЗЭ, аппараты для увлажнения зерна и винтовые конвейеры для распределения зерна по бункерам для отволаживания. На пятом этаже расположены сепараторы А1-БИС-12 по одному на каждую секцию, обоечные машины второго прохода РЗ-БМО-12, по одной на секцию, а также оборудование для обработки мокрых отходов технологии — сепараторы для очистки моченных вод А1-БСТ и пресс БС-БПО для отжима мокрых отходов.

На четвертом этаже скомпонованы камнеотделительные машины РЗ-БКТ по две на каждую секцию, энтолейторы РЗ-БЭЗ и сушилка У2-БСО для сушки мокрых отходов. На третьем этаже расположены спаренные установки триеров А9-УТК и А9-УТО, аспираторы РЗ-БАБ и автоматические весы для отходов.

На втором этаже установлены обоечные машины первого прохода РЗ-БМО-6 по две на каждую секцию, бункера для отходов I, II категорий, винтовые конвейеры с весовыми дозаторами УРЗ-1 для приемки зерна из-под бункеров неочищенного зерна и отволаживания. На первом этаже смонтированы компрессоры пневмотранспорта, бункера для куколя и отходов III категории. Материалопроводы пневмотранспортных установок проходят около стен бункеров для отволаживания.

Оборудование двух секций размольного отделения расположено в помещении с размерами в плане по осям  $18 \times 36$  м. Каждая секция занимает девятиметровый пролет. Как и для мукомольных заводов, на традиционном оборудовании оборудование для сортирования продуктов измельчения расположено над измельчающим.

На первом этаже здания расположены ротационные шестерчатые воздуховодные машины пневмотранспортных сетей, фасовочные автоматы и устройства для смягчения воды. Электродвигатели привода вальцовых станков, энтолейторы РЗ-БЭР, пневмоприемники У2-БПО-1, дозаторы муки, отрубей расположены на втором этаже. Вальцовые станки А1-БЗН-1000 $\times$ 250 расположены на третьем этаже — и скомпонованы в четыре ряда по девять станков в каждом ряду длинной осью вдоль продольной оси здания. Здесь же находятся бункер для витаминной смеси, весы для муки, отрубей и манной крупы.

Четвертый этаж распределительный. Здесь же винтовые конвейеры для муки, три конвейера в каждой секции с распределительными устройствами над ними. На пятом этаже установлены автоматические весы для зерна по одной единице в каждой секции, ситовые машины А1-БСО, вымольные машины А1-БВГ (11 штук), цветомеры для контроля качества потоков муки. Десять ситовых машин по пяти в каждой секции расположены длинной осью поперек продольной оси здания.

Рассевы скомпонованы над ситовечными машинами на шестом этаже. В каждой секции установлено по шесть шестириемных и по одному четырехриемному рассеву. Всего 14 рассевов скомпонованы длинной осью вдоль продольной оси здания. На этом же этаже ближе к продольной оси здания установлены виброцентрифугалы РЗ-БЦА. На седьмом этаже размольного отделения смонтированы циклоны-разгрузители, деташеры А1-БДГ и фильтры РЦИ. Материалопроводы пневмотранспортных систем расположены у продольных стен здания размольного отделения, группируясь у боковых колонн в простенках, а также с двух сторон у колонн по продольной осевой линии мукомольного завода.

#### Вопросы для самоконтроля

1. Каковы технологические, технические требования, а также регламентированные нормы проходов при размещении оборудования?
2. Каковы требования при размещении оборудования группами или отдельно?
3. Как влияют конструктивные особенности оборудования на их размещение?
4. Как размещают крупногабаритное оборудование?
5. Что такое регламентированные нормы проходов при размещении оборудования?
6. Как располагают по отношению друг к другу цехи мукомольных и крупных заводов?
7. От чего зависит этажность производственных зданий?
8. Как компонуют оборудование подготовительных отделений и цехов?
9. Как компонуют оборудование размольного отделения мукомольного завода?
10. Как компонуют оборудование шелушильного отделения крупяного завода?
11. Как влияет технологический процесс на размещение и компоновку бункеров?
12. На основе каких данных определяют размеры подготовительных, размольных (шелушильных) отделений мукомольных и крупяных заводов?

## V глава

### ПРОЕКТИРОВАНИЕ ВНУТРИЗАВОДСКОГО ТРАНСПОРТА И КОММУНИКАЦИЙ ПРОДУКТОВ

#### § 1. ПРИНЦИПЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Основным и наиболее существенным элементом технологической части проекта мукомольного и крупяного заводов служит графическая разработка коммуникаций продуктов переработки зерна. За основу проектирования внутрицеховой коммуникации принимают схему технологического процесса.

Под коммуникацией следует понимать связанную самотечными трубами систему машин, транспортных механизмов и бункеров, по которым перемещаются продукты в порядке, предусмотренном схемой технологического процесса. Правильное решение коммуникаций имеет существенное значение для проекта. В процессе проработки коммуникаций можно найти недостатки выбранного варианта компоновки оборудования, выявить потребность в транспортных механизмах и определить углы наклона самотечных труб. Разработка коммуникаций и сравнение полученных результатов с имеющимися показателями разрешают следующие задачи: уточняется и корректируется размещение основного технологического оборудования; определяется местонахождение и число транспортных средств; проверяется достаточность углов наклона самотечных труб; устанавливается последовательность расположения оборудования по системам в соответствии с технологической схемой; выявляется возможность внесения некоторых изменений в технологическом процессе. При проектировании коммуникаций необходимо добиваться перемещения продуктов по наикратчайшему пути с минимальным числом и длиной транспортных механизмов.

К основным транспортным механизмам относят те, которые перемещают продукты с машин, расположенных на нижних этажах на машины, расположенные на верхних этажах. Вспомогательные вертикальные или горизонтальные транспортные механизмы применяют только в том случае, если нет возможности направить продукты самотеком.

Необходимое число основных вертикальных транспортных механизмов  $n_v$  можно определить по формуле

$$n_v = n_{др} + n_c + n_{шл} + n_p + n_{н.м} + n_o + n_{м.кр.}$$

где  $n_{др}$  — число дражных систем;  $n_c$  — число сортировочных систем;  $n_{шла}$  — число шлифовочных систем;  $n_p$  — число размольных и сходовых систем;  $n_{к.м}$  — число систем контроля муки;  $n_o$  — число продуктопроводов для отрубей;  $n_{н.кр}$  — число норий для манной крупы.

Все остальные вертикальные транспортные механизмы, перемещающие продукт, называют дополнительными.

К внутрицеховому транспорту относят: гравитационный (самотечные трубы, винтовые спуски, лотки); механический (нории, винтовые и другие конвейеры); пневматический; аэрозольный. Самотечные трубы изготавливают из листовой стали толщиной 0,4...1,2 мм и размером 700×1400 мм и из органического стекла. Самотечные трубы характеризуются углом наклона к горизонту  $\alpha$ , длиной  $L$ , формой и площадью сечения  $F$ . По этим показателям определяют пропускную способность самотечной трубы  $Q_c$  и конечную скорость продукта  $v$ . По поперечному сечению  $F$  и длине  $L$  находят требуемое количество материала для изготовления самотечной трубы.

Проект коммуникации состоит из графической и описательной частей. В графическую часть входят продольный и поперечный разрезы в масштабе 1 : 50, на которых показано оборудование, место входа и выхода продукта в машину. На чертежах намечают осевые линии самотечных труб и номера их в последовательном порядке, предусмотренном схемой технологического процесса.

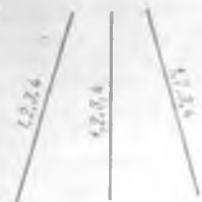
Описательная часть коммуникации состоит из ведомости движения продуктов, в которую записывают наименование продукта, наименование машины, поступающие и выходящие из машины продукты, с указанием вида и номера транспорта (табл. 32).

### 32. Ведомость движения продуктов

Системы	Продукты	Перемещение продуктов		Способ перемещения				Угол наклона самотечной трубы, град		Этаж, про-врия
		с системы, машины, самотечной трубы	на систему, машину, в самотечную трубу	самотечной трубой №	продукто-проводом №	норией №	винтовым конвейером №	минимально-допустимый	фактический	

Размещение оборудования до разработки проекта коммуникации не является окончательным и может быть изменено, если перемещение машины позволяет улучшить угол наклона самотечки. Для того чтобы система самотечных труб не загромождала проходы и не мешала обслуживанию оборудования, при

Рис. 32. Обозначение самотечных труб на чертежах проекта коммуникации



разработке коммуникации необходимо соблюдать следующие правила.

Самотечные трубы по возможности располагают в одной плоскости: в поперечном (в продольном) разрезе трубы размещают одну за другой и проектируют в виде одной линии (с несвязными номерами), которая является как бы осевой линией самотечки (рис. 32). Присоединение одной трубы к другой делают так, чтобы угол соединения был не менее 25°.

Слишком большие углы наклона самотечных труб нежелательны, так как с увеличением угла наклона возрастает скорость движения продукта, а это вызывает пыление через лючки и неплотности. Если невозможно уменьшить угол, целесообразно применять уклонные патрубки (изменение направления трубы), благодаря чему происходит гашение скорости. При установке самотечных труб нельзя уменьшать установленные нормами проходы между машинами. Нельзя также размещать самотечные трубы в непосредственной близости от оборудования, что может ухудшить условия обслуживания машин. При необходимости самотечные трубы могут быть установлены около машин и транспортных механизмов со стороны, не требующей обслуживания (магнитные колонки, циклоны, норийные трубы, винтовые конвейеры).

Самотечные трубы, расположенные у окон, должны находиться на расстоянии, позволяющем очищать стекла и открывать фрамуги. При размещении самотечных труб около групп норий или вертикальных материалопроводов трубы на высоте до 2 м от пола не должны перекрывать проходы между нориями, закрывать смотровые люки норий и вставки из органического стекла в материалопроводах.

Для разделения продукта на равные части по массе или объему применяют делители. Делители потоков и смотровые люки следует устанавливать на высоте не более 1,5 м от пола.

Перед тем как приступить к определению углов наклона самотечной трубы и необходимого числа транспортных механизмов, определяют места установки горизонтальных конвейеров для сбора муки из-под рассевов, манной крупы из-под ситовечных машин и т. п. Эти транспортные механизмы должны быть расположены вне основных линий самотечной трубы, намечаемых на поперечном разрезе. Для сокращения площади, занимаемой нориями, желательна установка двойных норий.

После разбивки машин по системам на чертежи продольного и поперечного разрезов наносят в виде линий все самстечные трубы. Диаметр самотечной трубы  $D_c$  (м), присоединяемой к приемнику пневмотранспортной сети, должен отвечать неравенству:

$$D_c \geq 1,58D_n,$$

где  $D_n$  — диаметр продуктопровода, м.

Минимальные углы наклона самотечных труб, обеспечивающих надежное транспортирование продуктов мукомольной и крупяной технологии, представлены ниже и в таблице 33.

Для нахождения истинного угла самотечной трубы пользуются номограммами Тюменева или Левятина.

Номограмма Тюменева имеет две взаимно пересекающиеся сетки лучей углов в пределах 20...90° с интервалом 1° с вершинами в левой и правой нижних частях номограммы (рис. 33).

Продукт	Угол наклона, град
Зерно	32...34
Продукты драных систем:	
I	39...43
II	41...46
III	44...48
Крупки:	
крупная	36...38
средняя	37...40
мелкая	41...44
Жесткий и мягкий дунсты	45...47
Относы ситовечных машин	47...50
Верхние схода вымольных систем	40...45
Схода вымольных систем	41...46
Отруби:	
крупные и средние	42...47
мелкие	41...46
Мучка	47...50
Продукты размольных систем	46...49
Схода размольных систем:	
верхние	44...45
нижние	45...47
Мука:	
высоких сортов	47...50
второго сорта	49...52
Отходы:	
триеров	34...38
сепараторов, щеточных обочных машин	46...50
Пыль фильтров, батарейных циклонов размольного отделения	55...60
Оболочки после машин А1-ЗШН-3	60...65
Пыль зерноочистительного отделения:	
«черная»	46...50
«белая»	47...51

33. Минимальные углы наклона самотечных труб для продуктов крупяной технологии, град

Продукты	Просо	Гречиха	Овес	Рис	Ячмень	Пшеница	Горох	Кукуруза
Зерно:	28	29	32	37	27	33	25	25
шуплое зерно	—	—	35	—	—	—	30	—
мелкое зерно	—	—	—	—	—	—	—	—
Продукты шелушения после систем:								
1-й	33	32	39	40	—	29	32	—
2-й	—	—	—	—	—	—	—	—
3-й	33	—	—	—	—	—	—	—
4-й	—	—	—	—	30	—	—	—
Продукты дробления	—	—	—	—	—	38	—	41
Продукты шлифования после систем:								
3-й	—	—	—	—	—	35	—	—
5-й	—	—	—	—	—	33	—	—
6-й	—	—	—	—	37	—	—	—
Крупа:								
недробленая	30	31	31	40	—	—	20	—
дробленая	35	34	38	34	—	—	31	—
№ 1 и 2	—	—	—	—	29	30	—	36
№ 3 и 4	—	—	—	—	33	33	—	34
№ 5	—	—	—	—	35	36	—	39
Мучка	43	—	47	50	—	—	39	52
Лузга	36	36	40	38	37	—	—	—
Зародыш	—	—	—	—	—	—	—	44
Отруби	—	—	—	—	—	—	—	40

На пересечении лучей углов проведены кривые, каждая из которых соответствует определенному углу наклона трубы со шкалами на ординатах номограммы. При определении фактического угла наклона самотечной трубы измеряют в градусах угол между осью трубы в поперечной  $\alpha$  и продольной  $\beta$  проекциях и горизонтальной плоскости. Величины углов откладывают на угловых шкалах номограммы. Точка пересечения лучей углов  $\alpha$  и  $\beta$  принадлежит кривой, показывающей фактический угол наклона самотечной трубы.

Пример. При  $\alpha=53^\circ$  и  $\beta=70^\circ$  точка пересечения лучей этих углов принадлежит кривой, показывающей фактический угол наклона самотечной трубы  $50^\circ$  (т. Р на номограмме).

Если точка пересечения углов не попадает на одну из кривых номограммы, то ее проводят мысленно и угол наклона трубы определяют приблизительно.

Номограмма Левятина представляет собой две взаимно перпендикулярные координатные линии со шкалами в градусах (рис. 34). При пользовании номограммой угол  $\alpha$  откладывают по оси ординат, а угол  $\beta$  — по оси абсцисс. Полученные точки

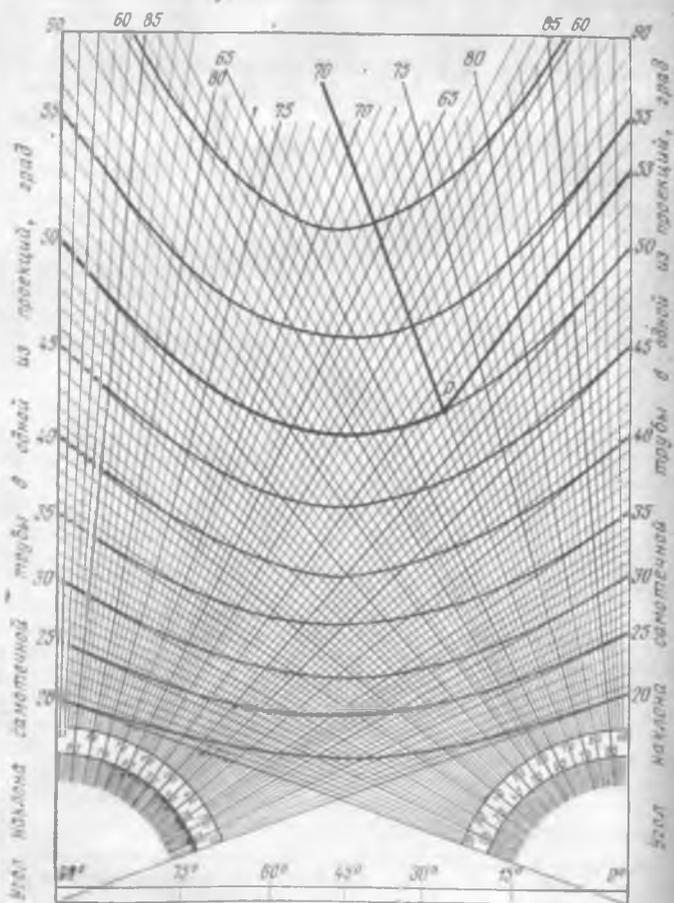
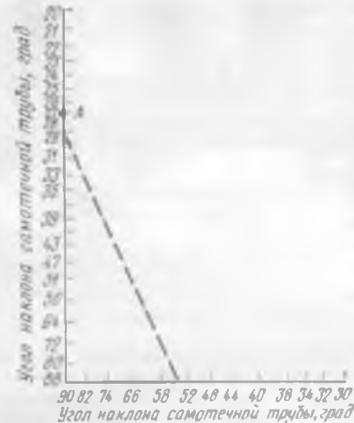


Рис. 33. Номограмма для определения угла наклона самотечных труб (по К. Н. Тюменеву)

Рис. 34. Номограмма для определения угла наклона самотечных труб (по Г. М. Левятину)



соединяют пунктирной линией. Затем отрезок, численно равный длине пунктирной линии, откладывают от начала координат по ординате.

Точка, отсекаемая вторым концом отрезка на ординате, показывает величину фактического угла наклона самотека.

Пример. При углах  $\alpha = 29^\circ$  и  $\beta = 54^\circ$  фактический угол наклона самотечной трубы равен  $27^\circ$  (т. А на диаграмме).

Для надежного транспортирования продукта самотечная труба должна иметь также определенный диаметр или поперечное сечение.

Форма сечения самотечных труб может быть круглой, квадратной или прямоугольной. Площадь сечения  $F$  ( $\text{м}^2$ ) самотечных труб определяется по формуле

$$F = \frac{Q_c}{K_3 \gamma v}$$

где  $Q_c$  — производительность самотечной трубы, кг/с;  $K_3$  — коэффициент заполнения трубы (0,15...0,20);  $\gamma$  — объемная масса транспортируемого материала (по таблицам), кг/м<sup>3</sup>;  $v$  — средняя скорость продукта, м/с.

Размеры самотечных труб определяют по формулам: трубы круглого сечения  $d$  (мм) —

$$d = \frac{1}{30} \sqrt{\frac{Q_c}{\pi K_3 \gamma v}}$$

трубы квадратного сечения  $a$  (мм) —

$$a = \frac{1}{60} \sqrt{\frac{Q_c}{K_3 \gamma v}}$$

где  $Q_c$  — пропускная способность самотечной трубы, кг/с;  $K_3$  — коэффициент заполнения трубы (0,15...0,25);  $\gamma$  — объемная масса транспортируемого продукта, кг/м<sup>3</sup>.

Диаметр самотечных труб для мукомольных и крупяных заводов в зависимости от производительности и транспортируемого продукта принимают 125...180 мм, толщину — 0,4...1,2 мм (табл. 34, 35). В детали самотечных труб входят: делители про-

#### 34. Диаметр (мм) самотечных труб на мукомольных заводах

Продукт для транспортирования	Производительность заводов, т/сут		
	до 120	до 240	до 500
Зерно	125	140	140
Отходы	125	140	140
Продукты из-под вальцовых станков	140	180	180
Промежуточные продукты размольного отделения*	125	140	140
Мука, отруби в фасовочном отделении*	125	180	180

\* Применяют оцинкованную сталь.

#### 35. Диаметр (мм) самотечных труб на крупяных заводах

Продукт для транспортирования	Производительность заводов, т/сут	
	до 60	свыше 60
Зерно	125	140
Отходы:		
зерна	125	125
мягкие	140	140
Лузга	140	180
Продукты шелушения и шлифования*	140	180
Крупы*	125	140

\* Применяют оцинкованную сталь.

дукта, смотровые люки, колена, задвижки, патрубки. Детали, требующие обслуживания, следует установить на высоте не более 1,5 м от пола.

В продольных разрезах винтовые конвейеры обозначают в виде горизонтальных линий, показывающих расположение оси вала. В поперечном — желоб в масштабе (или точка).

Нории и материалопроводы необходимо устанавливать в проходах между окнами, а если их размещают в середине здания, то желательно группировать по нескольку штук с проходом между группами 0,7...0,8 м.

Оценивают внутрицеховую коммуникацию по следующим технико-экономическим показателям: производительность завода, т/сут; объем производственного здания на 1 т суточной производительности, м<sup>3</sup>; общая высота здания, м; отношение ширины здания к длине; число транспортных механизмов (материалопроводов, норий, винтовых конвейеров) и их общая длина, м;

число транспортных механизмов на 1 т производительности; потребляемая мощность на технологический процесс на 1 т суточной производительности, кВт.

Запроектированную коммуникацию сопоставляют с коммуникацией аналогичных действующих предприятий и на основании полученных показателей делают вывод об экономичности запроектированной коммуникации.

## § 2. ПРОЕКТИРОВАНИЕ КОММУНИКАЦИЙ В ПОДГОТОВИТЕЛЬНОМ И РАЗМОЛЬНОМ ОТДЕЛЕНИЯХ МУКОМОЛЬНОГО ЗАВОДА

Проектируют коммуникацию одновременно в двух разрезах — продольном и поперечном. На разрезах изображают все технологическое, транспортное, аспирационное оборудование, бункера и элементы строительных конструкций, которые могут препятствовать проведению коммуникаций. Технологическое оборудование и бункера должны иметь наименование в соответствии с технологической схемой. Причем если в пределах системы работает несколько одноименных машин, то обозначают каждую единицу оборудования в отдельности. Например, на этаже сепарирования зерна короткие примеси выделяются в трех триерах-куколеотборниках. На разрезах необходимо обозначить каждый триер в отдельности, вводя дополнительно буквенные или цифровые обозначения: куколеотборник 1, куколеотборник 2, куколеотборник 3.

Аналогично обозначают и части машины, если они входят самостоятельными звеньями в систему. Так, если шкафной сепаратор работает четырьмя самостоятельными секциями на системе сепарирования, то все четыре секции получают обозначения, состоящие из названия системы и буквенного шифра секции. Например, 1-е сепарирование А, 1-е сепарирование Б, 1-е сепарирование В, 1-е сепарирование Г. При меньшей производительности предприятия две секции сепаратора могут работать на системе первого сепарирования, а две секции — на системе второго сепарирования. Соответственно они получают обозначения: 1-е сепарирование А, 1-е сепарирование Б, 2-е сепарирование А, 2-е сепарирование Б.

При обозначении систем технологического процесса допускается вместо названия системы указывать название оборудования. Обозначение бункеров состоит из их общего названия в соответствии с технологией и порядкового номера. Названия систем записывают или непосредственно на оборудовании, или рядом слева от оборудования. При совпадении плоскостей обо-

рудования в разрезах наименование систем записывают в столбик. В верхней строке должно быть записано наименование системы, расположенной на переднем плане секущей плоскости. Во второй и последующих строках — наименование систем, расположенных на втором и последующих планах. Общее число строк в столбце должно быть равно числу систем оборудования в ряду. В оборудовании, расположенном на втором и последующих планах, обязательно показывают приемные и выпускные устройства, а также габаритной линией силуэт.

Начинают проводить коммуникацию с распределения зерна по бункерам для неочищенного зерна. При этом каждой самотечной трубе, подающей зерно в бункер, присваивается индивидуальный номер. Индивидуальные последующие номера присваиваются также самотечным трубам для выпуска зерна из каждого бункера. Дальнейшая нумерация самотечных труб и проведение коммуникаций осуществляются последовательно от машины к машине в соответствии с движением зерна по технологической схеме.

Одноименные продукты, направляемые на одну систему по технологической схеме, необходимо объединить непосредственно после вывода их из машины или частей машины.

Проектирование коммуникации размольного отделения состоит из двух самостоятельных этапов — определения места расположения систем технологического процесса на планах этажей и увязки систем технологического процесса самотечными трубами, а также транспортными механизмами для вертикального и горизонтального перемещения продуктов. Технологический процесс в размольном отделении начинается, как правило, с измельчения или плющения зерна, передаваемого из подготовительного отделения. Поэтому на начальном этапе определяют место расположения измельчающих систем, затем систем сортирования в отсевах и обогащения в ситовечных машинах. Место расположения вымольных систем (машин), доизмельчителей уточняют при проведении коммуникации на разрезах.

Измельчающие системы располагают таким образом, чтобы обеспечить передачу на них зерна и промежуточных продуктов измельчения без привлечения дополнительных транспортных средств. Вначале определяют место расположения первой драной или плющильной системы. Их располагают около стены подготовительного отделения. Место нахождения остальных систем зависит от общего числа рядов вальцовых станков. При размещении вальцовых станков в два ряда первый ряд предназначен для драных систем, второй — для шлифовочных и размольных. При трехрядном размещении вальцовых станков в первом ряду располагают драные системы, во втором ряду — драные, шлифовочные и размольные, в третьем — шлифовочные и размольные.

При четырехрядном расположении вальцовых станков первые два ряда используют для драных систем, четвертый ряд для размольных систем, а третий ряд для шлифовочных и размольных.

При большом числе шлифовочных систем, например при помоле пшеницы в макаронную муку, в четвертом ряду также располагают шлифовочные системы. Первая драная система всегда находится в начале драного ряда измельчающих машин. Последующие драные системы устанавливают за предыдущими в соответствии с перемещением продуктов по технологии. Следовательно, последние по номеру драные системы будут расположены в конце драного ряда у стен фасовочного отделения мукомольного завода.

Аналогично располагают размольные и шлифовочные системы. Первые по номеру системы находятся в начале соответствующих рядов вальцовых станков у стены подготовительного отделения, последующие системы — всегда за предыдущими в соответствии с перемещением продуктов по технологии. Последние размольные и вымольные машины, вымольные драные системы необходимо расположить у стены фасовочного отделения. При этом вымольные системы можно разместить в одном из рядов вальцовых станков, где находятся драные системы. Это позволяет рационально объединить системы, дающие конечный продукт технологии — отруби.

Сходовые размольные системы располагают около тех размольных систем, продукты с которых обрабатываются на сходовых системах. Так, первую сходовую систему целесообразно разместить рядом с третьей или четвертой размольной системой, вторую сходовую — около седьмой или восьмой размольной системы.

При распределении вальцовых станков по системам необходимо учитывать их типоразмер. Так, в обеих половинах вальцового станка могут быть расположены системы или части систем, имеющие одинаковую длину вальцовой линии. На рисунке 35 показано расположение систем измельчения для трех- и четырехрядного размещения вальцовых станков.

В соответствии с технологией продукты измельчения сортируются на однородные фракции и вальцовые станки всегда связаны с отсевами, с помощью норий, материалопроводов пневмотранспорта или аэрозольтранспорта и самотечных труб. Поэтому системы сортирования всегда устанавливают в одной вертикальной плоскости с соответствующей измельчающей системой.

Сортирующие системы отсевов, которые не связаны с вальцовыми станками, располагают на свободном месте таким образом, чтобы обеспечить оптимальные условия передачи этих продуктов. Системы контроля муки устанавливают ближе к фасо-

вочному отделению, что обеспечивает удобную передачу муки на упаковку.

На мукомольных заводах сортовых помолов число систем технологического процесса может достигать 40...50 и более при общем числе рассевов 10...12. Следовательно, в пределах одного отсева могут работать несколько систем по различным схемам просеивания. Заводы-изготовители могут поставлять рассевные кузова с определенными технологическими схемами в каждой самостоятельной части отсева. Поэтому после окончательной компоновки технологических систем необходимо, чтобы соот-

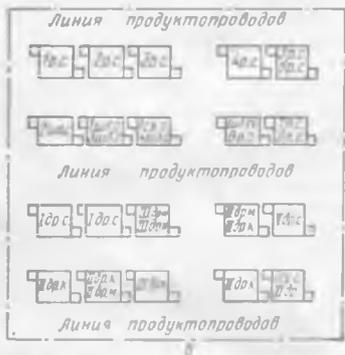
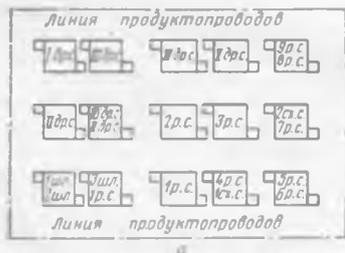


Рис. 35. Расположение измельчающих систем:

а — при трехрядном размещении вальцовых станков; б — при четырехрядном размещении вальцовых станков

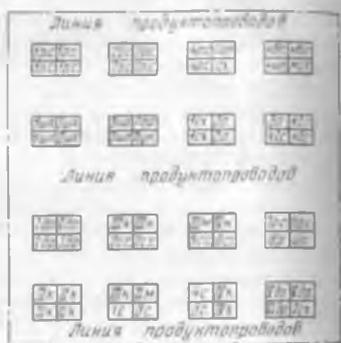


Рис. 36. Расположение сортирующих систем:

а — при четырехрядном размещении рассевов ЗРШ-4М; б — при двухрядном размещении рассевов ЗРШ-6М

ношение технологических схем в каждом отсеиве соответствовало одному из исполнений рассевных кузовов по паспорту завода-изготовителя. На рисунке 36 показаны примеры расположения систем сортирования при использовании четырех- и шестиприемных рассевов. Принципиальные положения по расположению систем сортирования не меняются при использовании других конструкций рассевов.

Система обогащения в ситовещной машине должна располагаться под рассевом той системы, откуда продукт поступает в ситовещную машину и над вальцовыми станками тех систем, куда поступают обогащенные крупки и схода. При этом все перемещения продуктов осуществить самотеком не удастся. Дополнительные подъемы необходимы, если с ситовещных машин на вальцовый станок одной системы поступает несколько продуктов. Затруднительна также передача самотеком крупок одного качества и крупности с нескольких систем рассевов на одну систему ситовещных машин. Так, при получении манной крупы, контрольную ситовещную систему необходимо расположить таким образом, чтобы обеспечить оптимальную передачу манной крупы в фасовочное отделение.

Системы вымола оболочек в бичевых и щеточных машинах необходимо располагать над соответствующими системами рассевов. Такое же требование необходимо выполнить при расположении систем доизмельчителей — энтолейторов и деташеров, которые устанавливают непосредственно после соответствующих систем вальцовых станков или перед соответствующими системами рассевов.

Системы пневмобичевых машин, которые выполняют функции доизмельчителей, сортируют продукты на два потока — проходовой и сходовый и одновременно выполняют функцию циклонов-разгрузителей, устанавливают на верхнем этаже производственного здания над рассевами тех систем, куда направляется проход сит пневмобичевых машин. Циклоны-разгрузители необходимо располагать рядами над приемными устройствами рассевов, что обеспечивает передачу продуктов в рассевы самотеком.

Оптимальное расположение систем технологического процесса на планах этажей размольного отделения в значительной степени способствует созданию высокоэффективной системы коммуникационной увязки оборудования. Поэтому при выполнении этой работы, особенно при расположении систем рассевов и ситовещных машин, необходимо проанализировать несколько вариантов расположения систем. Тот вариант, при котором будет минимальное число дополнительных подъемов, необходимо принять при выполнении проекта коммуникации на разрезах. На рисунках 37, 38 показаны примеры обозначения систем в попе-



цесса. Обозначение должно быть выполнено с соблюдением следующих правил:

1. Запись наименования систем располагают на свободном поле чертежа у соответствующего приемного устройства оборудования;

2. Запись записывают в столбик, причем наименование системы, расположенной на переднем плане секущей плоскости, помещают в начале записи (вверху), число строк в столбце должно соответствовать числу оборудования в ряду;

3. Запись в столбце, соответствующая единице технологического оборудования, должна быть отделена от соседней записи тонкой сплошной линией;

4. Если оборудование не перекрывает друг друга или перекрывает частично, то наименование системы проставляют рядом с оборудованием.

5. Допускается сокращенная запись наименования системы с использованием общепринятых правил сокращения.

Каждой самотечной трубе присваивается индивидуальный номер, который проставляют на нем арабскими цифрами перпендикулярно линии самотечной трубы. Если самотечная труба проходит на нескольких этажах, то ее номер необходимо проставлять на каждом этаже. Если плоскости самотечных труб совпадают, то номер последующей самотечной трубы записывают за номером предыдущей и разделяют запятой.

В технологии муки одинаковые по качеству продукты или одноименные группируют и направляют на одну систему. При проведении коммуникации самотечные трубы, которые транспортируют такие продукты, объединяют, что упрощает коммуникацию, снижает расход материалов. Примером таких продуктов могут быть одноименные продукты, выводимые из-под рассевов, ситовечных машин с каждой самостоятельной части системы. Такие самотечные трубы объединяются непосредственно под рассевами и ситовечными машинами. Соединение самотечных труб фасонными деталями выполняют таким образом, чтобы не нарушать условия транспортирования продуктов. При объединении нескольких самотечных труб одной из них присваивают номер магистральной трубы.

Оборудование внутрицехового транспорта нумеруют арабскими цифрами так же, как и самотечные трубы. Допускается нумерация норий и материалопроводов римскими цифрами, арабскими цифрами с индексами и т. п. На коммуникационных разрезах изображают только головки и башмаки норий, не показывая норийные трубы, проходящие по промежуточным этажам. Аналогично чертят пневмотранспортеры. На нижнем этаже показывают пневмоприемники и начало материалопроводов, на верхнем этаже — циклоны-разгрузители, пневмоасpirаторы или

пневмобичевые машины. Номера транспортных механизмов на коммуникационных разрезах проставляют на норийных трубах, аналогично нумерации самотечных труб.

Рекомендуется следующая последовательность выполнения работ при коммуникационной увязке:

1. Находят соответствующие системы в поперечном и продольном разрезах;

2. Определяют число самостоятельных частей оборудования в пределах системы и необходимость объединения одноименных продуктов при их направлении на последующие системы;

3. Записывают перемещение зерна или продуктов переработки в коммуникационную ведомость отдельно по частям системы или после объединения одноименных продуктов;

4. Проводят самотечную трубу в поперечной проекции;

5. Проводят самотечную трубу в продольной проекции;

6. Уточняют необходимость использования транспортных механизмов и показывают место расположения их в двух проекциях;

7. Нумеруют самотечные трубы и транспортные механизмы и номера заносят в коммуникационную ведомость;

8. Определяют фактический угол наклона самотечной трубы и этаж проверки.

Такая процедура должна обязательно повторяться при проведении всех последующих самотечных труб.

Если фактический угол наклона самотечной трубы, определенный по номограмме, оказывается больше минимально допустимого угла для данного продукта, то его записывают в коммуникационную ведомость и приступают к проведению следующей самотечной трубы. Если угол наклона самотечной трубы меньше минимального угла для данного продукта, то необходимо осуществить дополнительный подъем продукта или изменить место расположения соединяемых систем с таким расчетом, чтобы обеспечить достаточный наклон самотечной трубы.

Если используют вальцовые станки с верхним забором продуктов, то передача продуктов измельчения осуществляется самостоятельно материалопроводом и самотечной трубой от каждой кратной доли системы вальцовых станков. Если на I дражной системе установлено 1,5 вальцовых станков, то передача на рассев I дражной системы осуществляется тремя технологическими потоками из вальцового станка А, Б, В I дражной системы самотечными трубами № 1, 2, 3, материалопроводами 1, 2, 3 в рассев I дражной системы. В коммуникационной ведомости будет три самостоятельные записи. При нижнем заборе продуктов тоже возможны три линии, но чаще продукты из-под трех половин вальцовых станков I-й дражной системы объединяются в один пневмоприемник. Затем материалопроводом продукт транспор-

тируется в рассев. В коммуникационной ведомости будет две записи.

Если самотечная труба после объединения соединяет технологическое оборудование, расположенное на смежных этажах, например рассев и ситовечную машину, то ее проводят в виде прямой линии с двумя фасонными деталями (колена) в начале и в конце при присоединении трубы к машине. Самотечные трубы могут соединять оборудование, расположенное не на смежных этажах. В этом случае приходится проводить их через этажи, заполненные оборудованием различного назначения. Не рекомендуется располагать самотечные трубы между соседними вальцовыми станками в группе и рядами вальцовых станков, а также между смежными рассевами.

Исключение составляют ситовечные машины, у боковых стенок которых разрешается проводить самотечные трубы. При этом самотечная труба должна быть вертикальной ниже уровня 2 м и проходить рядом с боковой стенкой ситовечной машины между ее смотровыми окнами. Проход между двумя смежными ситовечными машинами должен определяться с учетом расположения самотечных труб и должен быть не менее 0,8 м.

При проектировании коммуникации в продольных и поперечных разрезах уточняют места расположения систем технологического процесса, пневматических приемников, циклонов-разгрузителей, оборудования механического транспорта. Коммуникационные самотечные трубы проводят одновременно в двух разрезах.

Принципиально проектирование коммуникации крупяного завода не отличается от проектирования коммуникации мукомольного завода. На крупяных заводах избегают вертикальных самотечных труб с большой скоростью перемещения в них продуктов, что связано с нежелательной дробностью продуктов крупяной технологии.

#### Вопросы для самоконтроля

1. Какие способы транспортирования зерна и промежуточных продуктов Вы знаете?
2. От чего зависит количество «обязательных» и «дополнительных» вертикальных подъемов промежуточных продуктов?
3. Что такое коммуникационная ведомость?
4. Как используется гравитационный (самотечный) транспорт на мукомольных и крупяных заводах и его общая характеристика?
5. От чего зависит минимальный угол наклона самотечной трубы?
6. Как определяют фактический угол наклона самотечной трубы?
7. В какой последовательности проектируют коммуникацию, необходимые материалы для проектирования?
8. Как определяют расположение систем технологического процесса на планах этажей здания мельницы и крупозаводов?
9. Как обозначают системы технологического процесса на разрезах?
10. В чем состоит общее правило проведения самотечной трубы?

## VI глава

### ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЦЕХА ГОТОВОЙ ПРОДУКЦИИ

#### § 1. НАЗНАЧЕНИЕ ЦЕХА ГОТОВОЙ ПРОДУКЦИИ

Готовую продукцию мукомольных и крупяных заводов отпускают потребителю в двух видах: в таре или бестарно. Мука или крупа в отделение готовой продукции передается отдельными потоками, которые по показателям качества могут не соответствовать определенному сорту или виду готовой продукции, или потоками, которые в точности соответствуют сорту или виду готовой продукции. В первом случае в отделении готовой продукции дополнительно проводят технологические операции по формированию сортов или видов готовой продукции, а также по их витаминизации. Во втором случае — формирование сорта или вида продукции, витаминизация осуществляются непосредственно в перерабатывающем отделении.

В целом при проектировании отделения готовой продукции должно обеспечиваться:

- бестарное хранение готовой продукции по сортам, видам или потокам различного качества;
- формирование сорта муки из отдельных компонентов;
- бестарный отпуск на железную дорогу или автомобильный транспорт;
- упаковка муки или крупы в тару и ее маркировка;
- хранение и отпуск затаренной продукции;
- фасовка муки и крупы в мелкую тару;
- хранение и отпуск фасованной продукции;
- бестарное хранение, гранулирование отрубей, отпуск отрубей потребителю;
- тарное или бестарное хранение мучки на крупяных заводах, ее гранулирование по специальному заданию и отпуск потребителю.

Если витаминизация хлебопекарной муки осуществляется в цехе готовой продукции, то там должны быть запроектированы отдельные технологические линии по дозированию и равномерному распределению витаминов в муке. Как правило, формирование сорта муки в отделении готовой продукции осуществляется при наличии специального задания. В этом случае технология

в размольном отделении должна предусматривать получение отдельных, различных по качеству потоков муки и их передачу в отделение готовой продукции. Смешивают разнокачественные потоки и получают сорта муки с использованием многокомпонентных весовых дозаторов и смесителей порционного действия.

Соотношение объемов бестарного и тарного хранения муки, размеры отпуска на железнодорожный и автомобильный транспорт устанавливают в соответствии с технико-экономическим обоснованием и заданием на проектирование. Помещение для упаковки и фасовки в мелкую тару необходимо изолировать от основных производств и помещений для тарного хранения. Обязательно предусматривается место для оперативного хранения тары не менее суточной потребности. Помещение для упаковки готовой продукции должно быть заблокировано с бункерами для бестарного хранения таким образом, чтобы была обеспечена подача на упаковку из любого бункера для бестарного хранения муки.

Работу фасовочного отделения мукомольного или крупяного завода необходимо предусмотреть в одну-две смены (8...16 ч). В соответствии с этим в размольном или шелушильном отделениях необходимо обеспечить посменный учет вырабатываемой продукции по сортам и видам на автоматических весах. При проектировании необходимо предусматривать затаривание сортовой муки и манной крупы в мешки массой по 50 кг, а обойной муки — массой по 45 кг. При упаковке в мешки крупы перловой, пшеничной, кукурузной, гороховой, ядрицы гречихи, риса шлифованного, пшена масса порции должна быть 50 кг, а для крупы овсяной, ячневой и прудела из гречихи — 45 кг.

В соответствии с требованиями норм технологического проектирования расфасовке муки в мелкую тару подлежит 15% суточной выработки муки высшего и первого сортов и 70% манной крупы. Фасовку крупы в мелкую тару следует предусматривать в пунктах, где это экономически обосновано, по специальному требованию заказчика. Работу фасовочного отделения также необходимо обеспечить в 1...2 смены.

При проектировании складских помещений для фасовки муки в пакеты следует принимать коэффициент использования площади склада 0,4...0,65 в зависимости от его длины. Нижний предел следует принимать по длине склада до 36 м. При укладке пакетов в металлические ящики (масса ящика с продуктом 20 кг) в два яруса по пять рядов на поддон количество продукции на 1 м<sup>2</sup> пола следует принять 0,42...0,70 т. При использовании картонных ящиков (масса с продуктом 12 кг) и при их укладке в один ярус количество продукции, укладываемой на 1 м<sup>2</sup> пола, следует принять 0,21...0,35 т.

Площадь склада для хранения муки в мешках необходимо

определять из условия укладки мешков массой по 50 кг в два пакета по семь рядов. Коэффициент использования площади склада необходимо принять 0,4...0,6 в зависимости от длины, что составляет 0,7...1,05 т на 1 м<sup>2</sup> площади пола.

При определении размеров складских помещений для тары, бумаги необходимо пользоваться следующими данными. Запас мешков должен обеспечить бесперебойную работу завода в течение 15 сут при норме укладки на 1 м<sup>2</sup> пола 600 мешков. Запас ящиков создается не менее чем на 3 сут при их укладке 25 шт. на 1 м<sup>2</sup> пола.

Готовые пакеты в ящиках укладывают по 250 шт. на 1 м<sup>2</sup> пола, а без ящиков — по 400 шт. При этом создается 15-суточный их запас. Норма укладки бумаги в рулонах 1500 кг на 1 м<sup>2</sup> пола при создании запаса на 30 сут. Во всех случаях принимают коэффициент использования площади складов 0,65.

При устройстве бункеров для бестарного хранения муки должна быть предусмотрена возможность отпуска муки в железнодорожные вагоны-муковозы и приемка муки из них. Специальные требования предъявляются к конструкции бункеров и выпускных механизмов. Следует использовать устройства для аэрации муки с помощью сжатого воздуха или возможность перекачки муки из бункера в бункер для ее освежения.

Для хранения отрубей и мучки используют общий корпус готовой продукции. Технология должна предусматривать механизированный отпуск отрубей в автомобили и вагоны. Вместимость бункеров для бестарного хранения отрубей следует принимать из расчета хранения четырехсуточного запаса, а при наличии на территории комбикормового цеха — двухсуточного запаса. При отсутствии комбикормового цеха и удаленности его от мукомольного завода нужно предусмотреть гранулирование отрубей в прессах-грануляторах и охладителях.

## § 2. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В ЦЕХЕ ГОТОВОЙ ПРОДУКЦИИ

Мука высшего и первого сортов после контрольных систем витаминизируется, для чего в схеме предусмотрены оперативные бункера для муки и витаминной смеси. Их дозируют и смешивают в порционных смесителях. Витаминизированную муку и муку второго сорта взвешивают на автоматических весах, контролируют на наличие металломагнитных примесей и передают в отделение готовой продукции самостоятельными транспортными потоками.

При необходимости получения конкретного сорта готовой продукции мука каждого потока передается в оперативные бункера над многокомпонентными весовыми дозаторами. Дозиро-

ванне каждого потока муки осуществляется в автоматическом режиме по заданной программе. Одновременно на отдельной технологической линии готовится витаминная смесь. Смешивание потоков муки и витаминной смеси осуществляется в порционном смесителе.

Готовая мука данного сорта передается для отпуска потребителю в затаренном или незатаренном виде. При этом технологию в отделении готовой продукции строят таким образом, что муку данного сорта можно упаковывать в крупногабаритную тару, хранить бестарно и отпускать в автомобили-муковозы или железнодорожные цистерны-муковозы, а муку высшего, первого сортов фасовать в бумажные или пластиковые пакеты различной вместимости. Для осуществления данных операций должны быть предусмотрены соответствующие технологические линии и бункера для оперативного хранения продукции. Кроме операций с крупой и манной крупой, в цехе готовой продукции предусматриваются две технологические линии для гранулирования отрубей и бестарного хранения и отпуска гранул на железнодорожную дорогу и автомобильный транспорт.

На мукомольных и крупяных заводах, где не предусмотрено бестарное хранение, бестарный отпуск готовой продукции и фасовка в мелкогабаритную тару, технология предусматривает затаривание готовой продукции в мешки стандартной массы. При этом на каждый вид готовой продукции проектируют отдельную технологическую линию, где все виды и сорта готовой продукции взвешивают на автоматических весах, а муку высшего и первого сортов еще и витаминизируют.

Каждая технологическая линия должна иметь системы для выделения металломагнитных примесей, бункера для оперативного хранения готовой продукции и весовыбойные аппараты для дозирования порции муки и крупы. Вместимость бункеров над весовыбойными аппаратами должна обеспечить оперативное хранение муки или крупы в течение 12...20 ч в зависимости от регламента работы фасовочного отделения. При работе в одну смену принимается больший предел времени, а при работе в две смены — меньший. Мешки готовой продукции стандартной массы маркируют, зашивают и транспортируют в склады напольного хранения, где на поддонах формируют штабели стандартных размеров.

### § 3. РАСЧЕТ И КОМПОНОВКА ОБОРУДОВАНИЯ ЦЕХА ГОТОВОЙ ПРОДУКЦИИ

Расчет и подбор оборудования необходимо производить строго по запроектированной технологической схеме. Для расчета числа силосов необходимо иметь данные о производительности

предприятия, выходе муки и крупы по всем сортам или потокам, соотношении между тарным, бестарным хранением готовой продукции, подлежащей фасовке и упаковке в мелкую тару, а также время оперативного хранения продукции. Методика расчета силосов представлена в главе III. Объемную массу готовой продукции следует принимать по таблице 21.

Материал силосов, а также их геометрические размеры и форма должны обеспечивать свободный и непрерывный выпуск продукции. В качестве материала используют монолитный и сборный железобетон, листовой металл. Наибольшее распространение получили силосы из сборных железобетонных объемных элементов с размерами  $3 \times 3 \times 1,2$  метра.

При бестарном хранении должно исключаться воздействие на готовую продукцию резких температурных колебаний окружающего воздуха. Поэтому между наружными стенами здания и силосами необходимо оставлять воздушный коридор шириной не менее 1,5 метра.

Готовая продукция в процессе хранения может слеживаться, что приводит к потере сыпучести и образованию сводов. Для исключения этих негативных явлений в конструкции силоса предусматривают специальные устройства для аэрации муки с помощью перфорированных труб или через пористые плиты в днище или стенах силосов.

Свободное истечение продукта из силоса также обеспечивается специальными конструкциями выпускных механизмов с побудителями, а также покрытием стен силосов различными полимерными материалами. Так, в Краснодарском политехническом институте была разработана технология покрытия стен и днищ силосов эпоксидными смолами, отвержденными полиэтиленполиамином. Такое покрытие долговечно и имеет минимальную адгезию с частицами муки и другими трудносыпучими продуктами. Высокую эксплуатационную эффективность имеют силоса, оборудованные виброднищами, как это сделано на мукомольных заводах, оснащенных комплектным оборудованием.

Компоновку оборудования начинают с размещения силосов различного назначения, увязки силосов с технологическими линиями для витаминизации, формирования сорта продукции, упаковки в тару, отпуска и т. п.

Технологическое оборудование для упаковки продукции в мешки устанавливают на одном этаже. Весовыбойные аппараты в зависимости от конструкции можно размещать группами, образуя единый комплекс с зашивочной машиной, или поодиночке. Для заводов средней производительности одна мешкозашивочная машина может быть скомпонована с несколькими весовыбойными аппаратами. Для крупных предприятий каждый весовыбойный аппарат или группу аппаратов, работающих на одном

сорта или виде готовой продукции, komponуют со своей мешкозашивочной машиной.

На крупных мукомольных или крупяных заводах, а также на мукомольных заводах на комплектном оборудовании для упаковки продукции в мешки используют высокопроизводительные карусельные аппараты. При этом на одном аппарате можно поочередно затаривать несколько сортов или видов продукции.

Конвейеры мешкозашивочной машины увязывают с конвейерами, передающими затаренную продукцию на штабелформирующие установки. Над весовыбойными аппаратами устанавливают оперативные бункера для продукции соответствующего вида.

Оборудование для фасовки в мелкую тару komponуют в изолированном помещении. Над фасовочными аппаратами предусматривают оперативные бункера. В смежных помещениях устанавливают пакетоформирующий автомат, бобинорезательную машину.

Оборудование для витаминизации муки, многокомпонентные весовые дозаторы, смесители для формирования сорта готовой продукции комплектуют в виде отдельных технологических линий. Оборудование и оперативные бункера располагают одно над другим на смежных этажах.

Число весовыбойных аппаратов для затаривания продукции в мешки определяют, исходя из производительности завода на данной операции, производительности и сменности работы весовыбойного аппарата:

$$n = \frac{QC_n U_n \cdot 1000}{100 \cdot 100 q \rho \tau}, \quad (69)$$

где  $Q$  — производительность мукомольного или крупяного завода, т/сут;  $C_n$  — выход продукции данного вида или сорта, %;  $U_n$  — количество продукции, подлежащей затариванию, %;  $q$  — производительность весовыбойного аппарата, взвешиваний/ч;  $\rho$  — масса единичного отвеса, кг;  $\tau$  — время работы упаковочного аппарата, ч.

При использовании в технологии высокопроизводительных карусельных аппаратов на одном аппарате можно затаривать два и более сортов муки или крупы. Для расчета числа аппаратов можно пользоваться формулой (69), при этом

$$C_n = C_1 + C_2 + \dots + C_i = \sum_{i=1}^n C_i, \quad (70)$$

где  $C_1, C_2, \dots, C_i$  — количество продукции каждого вида, %.

$$U_n = U_{n1} + U_{n2} + \dots + U_{ni} = \sum_{i=1}^n U_{ni}, \quad (71)$$

где  $U_{n1}, U_{n2}, \dots, U_{ni}$  — количество продукции каждого вида, подлежащей затариванию, %.

Следовательно, формула (69) примет вид:

$$n = \frac{Q \sum_{i=1}^n C_i \sum_{i=1}^n U_{ni} \cdot 1000}{100 \cdot 100 q \rho \tau} \quad (72)$$

Число мешкозашивочных машин можно рассчитать как по формуле (69), так и по формуле (72). Формулу (69) используют, когда мешкозашивочная машина работает на линии, где упаковывается один вид или сорт продукции, а формулу (72), когда упаковывается мука нескольких сортов или видов. В обоих случаях в формулы следует проставлять вместо производительности высоковыбойных аппаратов производительность мешкозашивочных машин. Для обеспечения бесперебойной работы фасовочного отделения фактическое число мешкозашивочных машин на технологической линии следует принимать на единицу больше расчетного значения.

При формировании сорта готовой продукции из отдельных потоков число многокомпонентных весовых дозаторов и смесителей рассчитывают исходя из суммарного количества продукции, подлежащей дозированию и смешиванию. Для расчетов можно пользоваться формулой

$$n = \frac{Q \sum_{i=1}^n C_i}{24q \cdot 100},$$

где  $Q$  — производительность завода, т/сут;  $C_i$  — количество продукции  $i$ -го потока, передаваемого в цех готовой продукции, %;  $q$  — производительность оборудования для дозирования и смешивания, т/ч.

Потребное число оборудования технологических линий для фасовки в мелкую тару рассчитывают путем сравнения часовой производительности завода на данной операции и часовой производительности оборудования

$$n = \frac{QC_n U_n}{100 \cdot 100 \cdot 24q},$$

где  $Q$  — производительность мукомольного или крупяного завода, т/сут;  $C_n$  — выход продукции данного вида, %;  $U_n$  — количество продукции, подлежащей фасовке, %;  $q$  — производительность оборудования, т/ч.

При расчете оборудования для витаминизации необходимо исходить из условия, что количество витаминной смеси должно составлять 0,1...2,0% количества витаминизированной муки. Производительность оборудования принимают из расчета подготовки суточной потребности витаминной смеси в одну смену:

$$n = \frac{QC_n U_n \tau}{100 \cdot 100 \cdot 24q},$$

где  $Q$  — производительность завода, т/сут;  $C_n$  — выход продукции данного сорта, %;  $U_n$  — количество витаминной смеси, %;  $\tau$  — время работы оборудования для приготовления смеси, ч;  $q$  — производительность оборудования, т/ч.

Над дозаторами витаминной смеси необходимо предусмотреть бункера для хранения суточного запаса витаминной смеси и не менее получасового запаса муки каждого сорта.

Оборудование и силосы отделения готовой продукции располагают в многоэтажных зданиях. Поэтому в технологических линиях оборудование устанавливают одно над другим, каскадно. Общие принципы компоновки оборудования сохраняются. В отделениях готовой продукции большой объем занимают операции с тарными грузами. Поэтому должна быть предусмотрена комплексная механизация и автоматизация этих работ. Применение ручного труда должно быть сведено к минимуму.

#### Вопросы для самоконтроля

1. Какие операции осуществляют в цехе готовой продукции?
2. Как подбирают и рассчитывают оборудование цеха готовой продукции?
3. Как компонуют оборудование и силосы?

## VII глава

### ПРОЕКТИРОВАНИЕ ВСПОМОГАТЕЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ И СЛУЖБ

#### § 1. ЗЕРНОХРАНИЛИЩА

Элеваторы рекомендуется проектировать из сборного железобетона. Можно также строить элеваторы из монолитного железобетона в скользящей опалубке. Для расчета бункера условно принята натура зерна  $750 \text{ кг/м}^3$ . Вместимость  $E_c$  (т) определяют по выражению

$$E_c = (V_1 + V_2 + V_3) \gamma m,$$

где  $V_1$  — объем верхнего конуса с вершиной в центре загрузочного люка,  $\text{м}^3$ ;  $V_2$  — объем средней части силоса,  $\text{м}^3$ ;  $V_3$  — объем нижнего конуса с вершиной в центре выпускного отверстия,  $\text{м}^3$ ;  $\gamma$  — объемная масса зерна,  $\text{кг/м}^3$ .

Для определения вместимости силоса-звездочки между четырьмя круглыми силосами определяют площадь квадрата, полученного путем соединения центров, четырех смежных силосов. В этот квадрат вписывается площадь поперечного сечения одного силоса, тогда площадь силоса-звездочки равна площади указанного квадрата минус площадь одного силоса. Расчет вместимости силоса-звездочки ведут, как указано выше.

В настоящее время для хранения зерна приняты два основных типа силосов: квадратные  $3 \times 3 \text{ м}$ ; круглые диаметром  $6 \text{ м}$ . Высота силосов не должна превышать  $30 \text{ м}$ .

Производительные элеваторы предназначены для временного хранения зерна. Особенность работы элеватора заключается в том, что переработка и подвоз зерна осуществляются круглогодично. Производительность разгрузочных машин должна обеспечить разгрузку транспортных средств без простоев.

Вместимость элеватора  $E_s$  (т) принимают из расчета 3..6-месячного запаса зерна.

$$E_s = Q_m \cdot 30 \cdot 6 (3),$$

где  $Q_m$  — производительность мельницы, т/сут.

Основная масса зерна в элеватор поступает чаще всего по железной дороге. Для приемки поступающего автомобильным транспортом зерна проектируют приемное устройство на один-два проезда. По железной дороге предусматривается поступле-

ние ежесуточно 30 вагонов. Для просушки среднесуточного поступления зерна устанавливают сушилку производительностью  $Q_3$ :

$$Q_3 = \frac{Q_m N K_m K_c}{365}$$

где  $N$  — число рабочих дней машины в году;  $K_m$  — коэффициент месячной неравномерности поступления зерна ( $K_m = 1,5$ );  $K_c$  — коэффициент суточной неравномерности поступления зерна ( $K_c = 2$ ).

## § 2. СКЛАДЫ ДЛЯ ХРАНЕНИЯ МУКИ И КРУПЫ

Нормы технологического проектирования предусматривают семисуточный запас муки и 14-суточный запас крупы в таре. Существуют три типа складов для хранения муки и крупы: одноэтажные, двухэтажные и трехэтажные. В складах готовой продукции при хранении ее в таре особое внимание уделяют механизации трудоемких работ, применяя пакетоформирующие машины: РК-34М-1, РК-ХХМ, ЧМ-50, Васильева, ШМН-1 и автопогрузчики (4001, 4001А, КВЗ-02, КВЗ-01) и др.

Требуемую площадь склада  $F$  ( $m^2$ ) для хранения муки и крупы определяют по уравнению

$$F = \frac{1000Qacf}{100gbk} = \frac{10Qacf}{gbk}$$

где  $Q$  — производительность мукомольного или крупяного завода, т/сут;  $a$  — выход муки или крупы, %;  $c$  — срок хранения муки или крупы в таре, сут;  $f$  — площадь одного мешка, уложенного плашмя,  $m^2$ ;  $g$  — масса одного мешка, кг;  $b$  — коэффициент использования площади склада.

К расчетной площади склада необходимо добавить площадь зарядной станции для автопогрузчиков, лестничной клетки, помещения для обслуживающего персонала, грузового лифта.

Ширину склада принимают равной 24 м, а длину рассчитывают.

Длина склада  $L$  (м)

$$L = F/Bn,$$

где  $F$  — общая площадь склада,  $m^2$ ;  $B$  — ширина склада, м;  $n$  — число этажей (1, 2, 3).

На предприятиях отходы обычно обрабатывают в зерноочистительном отделении. После обработки и взвешивания они поступают в склад. В задачу этого склада входит сбор, хранение и отпуск отходов. Вместимость бункеров должна быть рассчитана на 3...5 сут.

Современные склады готовой продукции проектируют из сборного железобетона с сеткой колонн в двух- и трехэтажных складах  $6 \times 6$  м и в одноэтажных складах —  $6 \times 12$ .

Мука поступает на весовыбойные аппараты, откуда ленточными конвейерами подается на пакетоформирующие машины. Сформированные пакеты автопогрузчиком размещают в складе по два пакета по высоте. Пакеты автопогрузчиками передаются в автомобиль или железнодорожный вагон. В складе предусмотрен грузовой лифт для перемещения пакетов по этажам. Для фасовки готовой продукции в пакеты в складе устроено специальное помещение. В торцевой части склада установлена зарядная станция с отдельным входом.

## § 3. ПОДСОБНЫЕ ЦЕХИ И ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ ПОМЕЩЕНИЯ

К подсобным цехам относят мастерские, лаборатории, цехи обработки тары, котельные, насосные станции, административно-конторские помещения, гардеробные, душевые, уборные, помещения для хранения и обеспыливания спецодежды, буфеты, склады материалов и тары. Их необходимо объединить в общие блоки, приближая к основным производственным цехам. Подсобно-производственные цехи и вспомогательные помещения можно разделить на две группы.

Первая группа: вальценоарезная мастерская, мастерская для ремонта абразивных и обрешеченных поверхностей рабочих органов крупяных машин, цеховые лаборатории, бытовые помещения, ремонтные мастерские, буфеты, кладовые, комнаты начальников цехов, сменных мастеров и другие помещения. Вторая группа: слесарно-механическая, столярная, жестяничная и электромеханическая мастерские, склады материалов и запасных частей, кузница, помещение для электросварки. Они объединены в блок подсобных помещений.

Насосные станции помещают в депо, располагая там же пожарную сигнализацию. В отдельных зданиях размещают котельную, склад горюче-смазочных материалов, автомобильные и вагонные весы и наружные уборные. Вальценоарезную мастерскую устраивают на том же этаже, где расположены вальцовые станки. Состав мастерской: шлифовально-рифельный станок, стеллажи для вальцов, станок для заточки резцов, шкаф для инструментов, верстак. В мастерскую делают отдельный вход, а вальцы передают в размольное отделение через проем в стене.

## § 4. АСПИРАЦИОННАЯ СЕТЬ ПРЕДПРИЯТИЙ

Назначением аспирации является: обеспыливание машин, механизмов и производственных помещений; очистка зерна, рассортирование продуктов;

охлаждение продуктов переработки и рабочих органов машин.

Аспирационная сеть состоит из аспирируемых машин, вентилятора, пылеуловителей (циклон, фильтр) и воздухопроводов. В аспирационных сетях заводов применяют воздухопроводы преимущественно круглого сечения  $\varnothing 80..800$  мм из листовой стали толщиной 0,5...0,8 мм.

Аспирационные установки подразделяют следующим образом: с местной аспирацией; с центральной аспирацией; с центральной аспирацией и двойной очисткой и частичной или полной рециркуляцией воздуха.

Аспирационную сеть называют местной, если вентилятор сети обслуживает одну обеспыливаемую машину. Сеть применяется обычно для сепараторов, которые оборудуют вентилятором, направляющим воздух в циклон. Аспирационную сеть называют центральной, если обслуживается несколько аспирируемых машин. Такие схемы являются наиболее распространенными и применяются для аспирации вальцовых станков, рассевов, ситовешных машин и др.

Для аспирации оборудования применяют всасывающие сети: с одноступенчатой очисткой воздуха в циклонах или фильтрах; с одноступенчатой очисткой воздуха в фильтрах; с двухступенчатой очисткой воздуха в циклонах и фильтрах. Воздух из машины отсасывают через приемник-конфузор со скоростью 3...4 м/с при транспортировании зерна: 0,5...1,5 — при транспортировании зерновых отходов и продуктов размола — 2,5...3 м/с. В тех случаях, когда из-за конструктивных особенностей полная герметизация оборудования не может быть выполнена, устраивают отсос в виде зонта со скоростью воздуха в месте отсоса не менее 4...6 м/с.

Основные правила компоновки аспирационных сетей: число оборудования, обслуживаемого одной сетью, не должно превышать 16 единиц, в одну сеть желательно компоновать однородные по технологическому назначению машины, с одинаковым гидравлическим сопротивлением и воздухообменом; воздуховоды на участке «машина — воздухоприемник» рекомендуются проектировать вертикально и с минимальной длиной горизонтальных участков; воздуховоды не должны загромождать проходы, их следует прокладывать в местах, доступных для обслуживания, при наименьшем числе отводов.

Работа пылеотделителей характеризуется величиной коэффициента очистки воздуха  $\eta_n$  — отношением количества отделенной пыли к количеству ее, поступившему в пылеотделитель,

$$\eta_n = \frac{a-b}{a}$$

где  $a$  — запыленность воздуха до очистки, г/м<sup>3</sup>;  $b$  — запыленность воздуха после очистки, г/м<sup>3</sup>.

При выборе пылеотделителей учитывают сопротивление (энергоемкость) пылеотделителя, удобство обслуживания, габаритные размеры. Наиболее распространенными пылеотделителями являются циклоны, циклоны-фильтры и всасывающие фильтры. В аспирационных сетях используют центробежные вентиляторы низкого и среднего давления, развивающие давление соответственно до 1000 Па и до 3000 Па.

Для правильного подбора вентилятора, определения режима его работы и правильного распределения воздушного потока по ответвлениям сети производят расчет аспирационных сетей. Пользуясь данными схемы аспирационной сети, определяют сопротивление на каждом ее участке, данные для расчета записываются в ведомость (табл. 36).

36. Ведомость расчета аспирационной сети

Номер участка	$q$ , м <sup>3</sup> /ч	$Q$ , м <sup>3</sup> /ч	$l$ , м	$D$ , мм	$v$ , м/с	$R$ , Па	$RI$ , Па	$\frac{\gamma v^2}{2g}$	$\Sigma \varphi$	$\frac{\gamma v^2 \Sigma \varphi}{2g}$ (z)	$RI+z$	$\Sigma (RI+z)$ в конце участка	Перечень коэффициентов местных сопротивлений

где  $q$  — количество воздуха, проходящее по воздухопроводу рассматриваемого участка;  $Q$  — то же;  $l$  — длина прямых участков воздухопровода;  $D$  — диаметр прямых участков воздухопровода;  $v$  — скорость движения в воздухопроводе;  $R$  — сопротивление трению на 1 м воздуховода;  $RI$  — сопротивление трению всего прямого воздуховода;  $\frac{\gamma v^2}{2g}$  — скоростной напор в воздуховоде (где  $\gamma$  —

удельная масса воздуха и  $v^2/2g$  — ускорение силы тяжести, м/с<sup>2</sup>);  $z = \frac{\gamma v^2}{2g} \Sigma \varphi$  — суммарная потеря напора для создания скорости и преодоления местного сопротивления;  $\Sigma \varphi$  — сумма коэффициентов всех местных сопротивлений;  $RI+z$  — общие потери напора на участке;  $\Sigma (RI+z)$  — потеря напора в конце участка.

В проектах зерноочистительного отделения мукомольных и крупяных заводов, работающих на пневмотранспорте, предусматривают аспирацию сепараторов, сортировочных машин, триеров, автоматических весов, магнитных аппаратов, бункеров, транспортных механизмов и машин для обработки отходов. На заводе, работающем на механическом транспорте, аспирируют все оборудование. В зерноочистительном отделении мукомольного завода машины от триеров до кондиционеров объединяют в одну сеть, а машины для гидротермической обработки до сепаратора второго прохода — в другую сеть.

При проектировании аспирационных сетей необходимо соблюдать следующие условия: где это возможно применять ма-

шины с замкнутым циклом воздуха; для охлаждения зерна к влагоснимателям подводят наружный воздух; воздушно-ситовые сепараторы группируют в самостоятельные аспирационные сети; конвейеры, подающие зерно из элеватора на завод, группируют в отдельную сеть, куда входят также отсосы из бункеров для неочищенного зерна; сеть включают в работу при заполнении бункеров.

В размольном отделении мукомольного завода, работающего на пневмотранспорте, предусматривают аспирацию ситовечных машин, транспортных механизмов, магнитных аппаратов и бункеров. Вальцовые станки, рассевы и другие машины, сообщающиеся с приемными устройствами пневмотранспортной сети, не аспирируют. На мукомольных заводах с механическим транспортом аспирируют все оборудование. В шелушильном отделении крупяного завода, оборудованного внутрицеховым пневмотранспортом, аспирируют шелушильные и шлифовальные машины, рассевы и крупосортировки.

В фасовочном отделении предусматривают аспирацию весовых и магнитных аппаратов, транспортных механизмов и бункеров для готовой продукции.

## § 5. ПНЕВМОТРАНСПОРТНЫЕ УСТАНОВКИ

Для перемещения зерна и продуктов его размола в различных направлениях (вертикальном, горизонтальном и наклонном) используют пневмотранспорт. Продуктопроводы в отдельных случаях могут быть непосредственно связаны с технологическим оборудованием (вальцовый станок, обочная и щеточная машины). Одни и те же объемы воздуха могут быть использованы как для транспортных операций, так и для технологических нужд: сепарирование зерна, сушка, охлаждение продуктов и т. д.

Преимущества пневмотранспорта: перемещение продукта по всем направлениям; возможность направления на I драную систему зерна с повышенной влажностью; возможность установки отдельных машин на первом этаже (вальцовые станки, обочные и щеточные машины); улучшение санитарного состояния предприятия и условий труда рабочих; улучшение освещенности рабочих мест; резкое снижение залегания продукта в машинах и самотечных трубах; устранение возможности образования клейстера внутри оборудования, в аспирационных трубопроводах и самотечных трубах; уменьшение потребностей в производственной площади на 20...25%; одновременно с транспортированием продукта осуществляется аспирация оборудования.

Недостатки пневмотранспорта: ограниченная возможность повышения производительности; повышенный расход энергии на I т вырабатываемой продукции.

Пневмотранспорт применяют: в размольном отделении на всех этапах технологического процесса, кроме передачи муки в фасовочное отделение; в зерноочистительном отделении для вертикального перемещения зерна после обочных и щеточных машин; в ячменезаводах, просозаводах и заводах по переработке пшеницы в крупу; в овсовзаводах на всех этапах технологического процесса, за исключением линии выработки овсяных хлопьев «Геркулес». На крупяных заводах по переработке риса, гречихи и гороха пневмотранспорт не применяют.

Различают системы внутрицехового и межцехового пневмотранспорта. Для наблюдения за движением продуктов в продуктопроводах ставят патрубки из органического стекла. Продуктопроводы из вальцовых станков на распределительном этаже отводят к стенам или к середине здания. Продуктопроводы зерноочистительного отделения проектируют вертикально без отклонений. Радиус отвода принимают равным  $10D$ , где  $D$  — наружный диаметр продуктопровода.

При выборе разгрузителей (размеров) принимают скорость воздушного потока во входном патрубке разгрузителя ЦР 15...16 м/с и для У2-БЦР — 16...18 м/с. В зависимости от количества разгружаемого продукта применяют шлюзовые затворы РЗ-БШП, Шу-6 и Шу-15. Скорость воздушного потока в коллекторе разгрузителей 10...12 м/с. Пылеотделители (циклоны, фильтры, фильтры с импульсной продувкой РЦИ) следует располагать в непосредственной близости от разгрузителей. Для перемещения воздуха используют воздуходувные машины ТВ-150-1,12; ТВ-100, ТВ-80 и ТВ-400-12-3М.

## § 6. СИСТЕМА ОТОПЛЕНИЯ

При проектировании отопления производственных помещений следует иметь в виду, что оптимальная относительная влажность воздуха должна быть 60...65% и температура 12°C. На предприятиях применяют воздушное отопление: с использованием в качестве теплоносителя нагретого воздуха, рециркуляционного воздуха, смеси рециркуляционного воздуха с частичным добавлением к нему свежего воздуха. Применяют воздушные кондиционеры КТ-30, КТ-40 и КТ-60.

### Вопросы для самоконтроля

1. Какова роль аспирационных и пневмотранспортных установок на предприятии?
2. В чем заключаются правила компоновки аспирационных сетей?
3. Как составляют ведомость расчета аспирационной сети?

РАСЧЕТ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ  
ПРОЕКТА

При расчете энергетической части проекта определяют мощность, необходимую для работы машин и отдельных узлов технологического процесса и предприятия в целом, komponуют распределительные пункты, проектируют помещения для установки пусковой, контрольной и сигнализационной аппаратуры, а также разрабатывают технологические схемы блокировочных устройств. Необходимая для мукомольно-крупяных предприятий мощность электродвигателей зависит от видов зерна, его физических свойств, выхода и качества муки или крупы.

Различают потребную и установленную мощность.

Потребная мощность  $N$  (кВт) определяется выражением

$$N = QB,$$

где  $Q$  — количество перерабатываемого зерна в сутки, т/сут;  $B$  — удельная мощность для переработки 1 т зерна, кВт.

Удельный расход на выработку 1 т муки  $C$  (кВт·ч) составляет

$$C = \frac{100 \cdot 24B}{D\eta_s\eta_c\eta_T},$$

где  $D$  — выход муки, %;  $\eta_s$  — коэффициент полезного действия электродвигателя ( $\eta_s = 0,90$ );  $\eta_c$  — коэффициент полезного действия сети ( $\eta_c = 0,95 \dots 0,97$ );  $\eta_T$  — коэффициент полезного действия трансформатора ( $\eta_T = 0,95 \dots 0,98$ ).

Суточный расход энергии на переработку зерна  $C_e$  (кВт·ч) определяют по формуле

$$C_e = \frac{24N}{\eta_s\eta_c\eta_T} = \frac{24QB}{\eta_s\eta_c\eta_T}$$

Для определения величины потребной мощности в целом по предприятию к полученным величинам прибавляют мощность, необходимую для работы элеватора, склада продукции, цеха отходов, мастерских и других потребителей энергии.

Величину фактически потребной мощности мукомольного или крупяного завода находят, вводя коэффициент спроса:

$$P_{спр} = \eta_s P_{од}$$

где  $\eta_s$  — коэффициент загрузки электродвигателей;  $\eta_{од}$  — коэффициент одно-временности работы машин в цехе.

Умножив полученные значения потребной мощности с учетом  $\eta_{спр}$  на  $\cos \phi$ , получают потребную мощность для работы цеха, выраженную в киловольтамперах (кВа). Для привода оборудования используют индивидуальный электропривод.

Для передачи движения шлюзовым затворам, смесителям под зерновыми бункерами, объемным дозаторам для муки используют групповой привод. Для этого машины устанавливают на общем валу, соединенном с электродвигателем при помощи редуктора. Для привода машин применяют асинхронные трехфазные закрытые, обдуваемые электродвигатели с частотой вращения ротора 1000 и 1500 об/мин.

Для размещения распределительной и пусковой аппаратуры на каждом этаже около лестничных клеток устраивают распределительные пункты (РП). Вблизи электродвигателей монтируют индивидуальные и групповые кнопочные станции или пакетные выключатели для местного управления или аварийной остановки.

Принимают следующий объем автоматизированного управления работой оборудования: дистанционный централизованный пуск электродвигателей; автоблокировку электродвигателей; блокировку электродвигателей аспирационных устройств с электродвигателями обслуживаемого ими оборудования; остановку электродвигателей электромагнитных сепараторов при отсутствии постоянного тока в питающей сети; дистанционный контроль качества поступающего на размол зерна и вырабатываемой муки по показаниям расходомеров; контроль загрузки вальцовых станков по амперметрам, установленным у машин; дистанционный контроль уровня в закромах; дистанционное управление механизма загрузки и опорожнения бункеров для готовой продукции; светозвуковую сигнализацию и громкоговорящую двухстороннюю связь.

## Вопросы для самоконтроля

1. Как рассчитать потребную мощность электродвигателей?
2. Каков объем автоматизированного управления работой оборудования?

## ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ, ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ САНИТАРИЯ И ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Современное мукомольно-крупяное предприятие представляет собой сложный производственный комплекс. Он состоит из энергетических установок (трансформаторы, электродвигатели, распределительные пульты, компрессорные станции, котельные установки и т. д.), значительного числа различного технологического, транспортного и вспомогательного оборудования; передвижных, самоходных и стационарных средств механизации, на предприятии оборачивается большой парк железнодорожных вагонов, используют маневренные средства, функционирует автомобильный транспорт.

### § 1. ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ

Специфика предприятий способствует интенсивному процессу пылевыведения, который требует подавления и локализации. Эксплуатация силосных сооружений, бункеров, колодцев, прямиков и туннелей требует соблюдения особых правил и наличия специальных приспособлений. Для безопасного обслуживания оборудования проходы между отдельными машинами должны быть не менее 0,8 м; проходы между группами машин, проходы на лестничные клетки и в смежные помещения не менее 1 м.

Машины и оборудование должны быть надежно заземлены, заземлению подлежат корпуса электрооборудования и электрических устройств.

Во взрывоопасных помещениях площадь легкобрасываемых ограждающих конструкций (оконные проемы) 0,05 м<sup>2</sup> на 1 м<sup>3</sup> объема помещения. Помещения заводов должны иметь два эвакуационных выхода — основной и запасной. Основным эвакуационным выходом служит огнестойкая лестничная клетка, второй выход — на наружную лестницу.

В производственных помещениях делают ровные и прочные полы. Окна, расположенные на высоте менее 1 м от пола, оборудуют ограждениями на всю ширину. В производственных и вспомогательных помещениях с постоянным или длительным пре-

быванием людей (более двух человек) в холодный период года предусматривают систему отопления. При проектировании следует предусматривать меры по предотвращению взрывов.

Здания должны находиться одно от другого на расстоянии не менее 10 м. Склады продуктов должны быть выполнены из негорючих материалов. Пылеуловители следует устанавливать вне зданий, они должны быть выполнены из негорючих материалов. С каждого края здания предусматривают герметичные тамбуры с дверями из противопожарной полосы.

Давление разрыва трубы рассчитывают по формуле

$$P = 2\sigma\delta/D,$$

где  $\sigma$  — устойчивость к разрыву, кг/мм<sup>2</sup> (для Ст. 3  $\sigma = 38...47$  кг/мм<sup>2</sup>);  $\delta$  — толщина стенки, мм;  $D$  — диаметр, мм.

Трубопроводы защищают, устанавливая через каждые 5...10 м взрыворазрядные устройства с площадью проходного сечения не менее площади сечения трубы. Такая конструкция обязательно должна быть в местах изменения направления трубопроводов.

В качестве приспособлений для разгрузки давления используют пленки, клапаны и заслонки, для трубопроводов — устройства для разгрузки с пружиной. Заслонки должны быть закреплены проволокой толщиной не менее 1,0 мм, клапаны — прочными шарнирами и пружинящими стопорами, которые после взрыва пыли вновь надежно закрывают клапаны.

Разгрузка давления должна производиться только в безопасном месте и быть направлена строго вертикально вверх в открытое пространство. Длина взрыворазрядной трубы не должна превышать 3 м. При проектировании предприятий нужно использовать пыленепроницаемое электрооборудование.

На мукомольно-крупяных предприятиях технологические процессы и производственные операции организуют так, чтобы исключить или ослабить воздействие неблагоприятных производственных факторов и тем самым устранить возможность несчастных случаев, профессиональных заболеваний, отравлений, а также аварий, пожаров и взрывов. Основными направлениями в улучшении условий труда является механизация и автоматизация производственных процессов. Комплексная механизация работ с тарными грузами осуществляется при помощи пакетформирующих установок, автоматов и автопогрузчиков. При проектировании предприятий следует отдавать предпочтение бестарному хранению, отпуску и перевозкам муки.

Конструкции машин, станков, аппаратов, установок, механизмов должны обеспечивать оптимальные санитарно-гигиенические и безопасные условия труда. При обслуживании машин, станков, аппаратов и механизмов следует предусматривать специаль-

ные оградительные и предупредительные устройства, дистанционное управление, сигнализацию безопасности и другие средства техники безопасности и производственной санитарии.

Открытые движущиеся части: шкивы, приводные ремни, шестерни, выступающие концы валов закрывают ограждениями, обеспечивающими безопасность обслуживания оборудования. Зубчатые шестерни, муфты сцепления редукторов с электродвигателями, выступающие элементы вращающихся частей (стопорные болты, шпонки и т. п.) закрывают со всех сторон глухими, гладкими футлярами, надежно прикрепленными к неподвижной части машины или к полу.

Предусматривается блокировка ограждений с пусковыми устройствами электродвигателей. Все технологическое оборудование обеспечивают надежной аспирацией для его обеспыливания. Устройства для пуска, регулирования и остановки машин должны быть легкодоступными и хорошо различимыми. Кнопку «Стоп» окрашивают в красный цвет, кнопку «Пуск» устанавливают углубленно, чтобы предотвратить ее от случайного нажатия. В производственных помещениях должно быть максимально использовано естественное освещение. Применяют общую, местную и комбинированную систему электрического освещения, а также аварийное. Используют, как правило, специальные светильники пыле- и влагонепроницаемые и взрывобезопасные.

Пропариватели и сушилки герметизируют, предусматривают тщательную теплоизоляцию всех горячих участков, паропроводов, печей и эффективное действие вентиляции. Для обслуживания запарных аппаратов пользуются прочной площадкой с перилами высотой 1 м и зашивкой их по низу на высоту 0,2 м.

Все рабочие органы двухъярусных крупосортировок закрывают кожухом со смотровыми, закрываемыми дверками, окнами.

Для глушения шума применяют следующие методы: устранение причин шума или ослабление его в источнике; изоляцию источников шума и поглощение шума.

Для снижения вибрации используют виброизолирующие конструкции и материалы: резину губчатую, мягкую; минеральный войлок, асбоцементные плиты; древесноволокнистые плиты; плиты из минеральной пробки; стальные цилиндрические винтовые пружины.

## § 2. ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Пыль, образующаяся в процессе технологии, попадая в атмосферу, снижает чистоту атмосферного воздуха, уменьшает степень его прозрачности, что ведет к сокращению прямой солнечной радиации и ультрафиолетового излучения. Пыль покрывает поверхность растений, затрудняет газообмен с внешней средой.

Пыль состоит из измельченных частиц зерна и из минеральных частиц, густо обсемененных спорами грибов и бактерий, иногда содержит различные химикаты. Кроме того, она пожаро-, взрывоопасна.

При хранении зерна и готовой продукции возможна порча их амбарными вредителями. Для обеззараживания хлебопродуктов используют химические средства защиты от вредителей, что является наряду с пылью источником загрязнения и отрицательного воздействия на окружающую среду (воздух, вода, почва, растительный и животный мир). Отрицательное воздействие на окружающую среду (человека) оказывают шум, вибрация, вакуум, дискомфортные условия (температура, влажность) среды. Проект должен предусматривать устройства и средства, сводящие к минимуму вредное воздействие перечисленного на окружающую среду.

## § 3. ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ЭСТЕТИКА

В производственных помещениях должно быть светло, чисто, тепло, достаточно свежего воздуха и как можно меньше шума — это элементарный комплекс условий труда. Существенное влияние на физиологическое и психологическое состояние человека оказывает цветовое решение производственных помещений. Оно выполняет три основные функции: способствует рациональной организации труда; уменьшает количество несчастных случаев и аварий, улучшает эстетику производственной среды и способствует объединению производственного интерьера с экстерьером.

Практикой установлено, что человек быстрее устает, когда его окружают интенсивные цвета (красный, оранжевый и др.). Поэтому цеха, мастерские, чертежные мастерские и комнаты учреждений лучше окрашивать красками светло-зеленых, желтых цветов, сочетая их с белым цветом. Желтый и зеленый цвета — средней интенсивности, самые благоприятные для создания хорошей трудовой обстановки. Однако не надо забывать, что желтый и зеленый цвета имеют много оттенков, из которых одни приятны для глаза, другие — нет, а некоторые даже действуют вредно. Синий и фиолетовый цвета создают в рабочих помещениях успокаивающее воздействие и могут вызвать даже пассивное настроение. Поэтому эти цвета больше подходят для помещений отдыха. Поверхности или отдельные предметы, окрашенные в оранжевый и красный цвета, оптически приближаются, кажутся ближе, чем есть на самом деле. В то же время желтый, зеленый, зелено-синий и белый цвета предметы удаляют. Темно-синий (ультрамарин) и фиолетовый цвета нейтральны.

Цвета распределяются на теплые, или активные (красный, оранжевый, желтый), и холодные, или пассивные (зеленый, си-

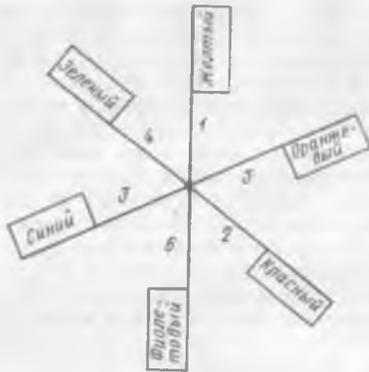


Рис. 39. «Мельница» цветов

лучают цвета зеленый (1+3), оранжевый (1+2) и фиолетовый (2+3). Дают хорошую цветовую гамму цвета, находящиеся на схеме напротив друг друга (например, 2+6, 3+4), а также любых трех «крыльев мельницы», находящихся рядом (например, 1+5+2, 4+3+6, только в этом случае один из трех цветов должен быть главным, а другие два — дополнительные). При смешивании белого цвета с черным получается серый, в который хорошо окрашивать оборудование.

Транспортные средства, работающие на территории предприятия, окрашивают в яркие, легко различимые цвета. Автопугзнички, например, окрашивают оранжевым цветом, а крыши кабин — белым цветом. Белый цвет имеет большой коэффициент отражения и предохраняет от перегрева.

Преобладающую часть территории предприятий занимает производственная зона. Очень большую роль в эстетической организации производственной зоны играет благоустройство внутренних дорог. У складов готовой продукции, где скапливается большое количество транспорта, оборудуют кольцевой объезд шириной 3,5 м. Такой объезд позволяет избежать ненужных поворотов и скапливания транспорта.

#### Вопросы для самоконтроля

1. В чем заключаются меры безопасности, применяемые на предприятиях?
2. Какие мероприятия необходимо предусмотреть при проектировании предприятий для защиты окружающей среды?

ний, фиолетовый). Поэтому помещения, которые выходят на южную сторону, красят в холодные цвета, и наоборот. Если рабочие помещения плохо освещены и низки, их красят более светлыми красками; если они светлые и высокие — красками интенсивными и более теплых оттенков. Для подбора цветов при окраске помещений и оборудования пользуются так называемой «мельницей» цветов (рис. 39).

Желтый, красный и синий цвета, обозначенные номерами 1, 2, 3, — основные цвета. Смешивая их попарно, по-

## X глава

### АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ

#### § 1. МУКОМОЛЬНЫЙ И КРУПЯНОЙ ЗАВОДЫ КАК ОБЪЕКТЫ АВТОМАТИЗАЦИИ

Современный мукомольный и крупяной завод как объект автоматизации представляет собой сложное предприятие с большим количеством технологического и энергетического оборудования. Поточность технологического процесса при производстве муки (крупы) создает благоприятные условия для его автоматизации. Большое же множество операций производства муки (крупы) и невозможность создания неизменных режимов в процессе работы усложняют работу поточных линий и являются препятствием для создания высокой степени автоматизации процесса. Автоматизация мукомольного (крупяного) завода представляет собой совокупность систем диспетчерского управления (ДУ) или диспетчерского автоматизированного управления (ДАУ) машинами и механизмами и систем автоматизации отдельных производственных участков.

При определении средств автоматизации все технологические операции подразделяют на четыре группы, в зависимости от технологического воздействия на продукт:

первая группа — операции с активным воздействием на продукт: ситовое и воздушно-ситовое сепарирование сыпучего сырья, шелушение пленчатых культур, шлифование, измельчение;

вторая группа — операции с пассивным технологическим воздействием на продукт: дозирование, взвешивание зерна и готовой продукции, качественно-количественный контроль сырья и готовой продукции;

третья группа — независимые транспортные операции: управление выпускными устройствами бункеров, поддержание установленной производительности технологического оборудования, контроль заполнения бункеров;

четвертая группа — зависимые транспортные операции: автоматическое управление транспортными средствами (пуск, остановка, блокировка).

ДАУ на мукомольных (крупяных) заводах строят по таким структурным принципам:

1. Все участки предприятия охватывают единой системой

центрального диспетчерского управления. В изолированном помещении производственного корпуса предусматривают центральный диспетчерский пункт со щитом-пультом ДАУ с мнемонической схемой технологического процесса — рабочее место диспетчера;

2. Участки приемки зерна из элеватора и отпуска готовой продукции охватывают системой операторного управления с организацией в изолированных кабинках помещений складов операторных пунктов с установкой в них щитов-пультов с мнемонической схемой технологического процесса.

Наиболее важными при производстве муки (крупы) являются операции первой группы — с активным воздействием на продукт. Из всех операций этой группы особое внимание заслуживает измельчение и шелушение.

На мукомольно-крупяных заводах комплексную автоматизацию технологических процессов осуществляют с помощью системы ДАУ. Управляют и контролируют технологическими процессами на мукомольно-крупяных заводах с помощью пультов или панелей управления и других средств автоматизации, включающих различные датчики и исполнительные механизмы.

Автоматизированным управлением с пульта осуществляют: дистанционное включение и выключение машин; дистанционное управление клапанами, задвижками и переключателями; блокировку машин в направлении, обратном движению продукта; блокировку электродвигателей электромагнитных сепараторов; автоматическое включение сетей аспирации; включение маршрута; автоматическую аварийную остановку винтовых конвейеров; автоматическую остановку норий, контроль, сигнализацию и воздействие на работу маршрута при заполнении и освобождении бункеров; контроль и блокировку вращения вала шлюзовых затворов разгрузителей; контроль нагрузки электродвигателей; контроль и сигнализацию температуры подшипников воздушодувной машины; контроль и сигнализацию пневмотранспорта сетей; контроль загрузки работы вальцовых станков.

## § 2. РАЗРАБОТКА ДАУ

При разработке и внедрении автоматизированных систем управления технологическим процессом (АСУТП) необходимо руководствоваться следующими принципами: использование АСУ должно быть экономически оправданным; АСУ должны обеспечить оптимизацию процесса; АСУ должны быть достаточно простыми.

Встречается несколько вариантов распределения оборудования в размольном отделении по группам:

первый — драные системы (вальцовые станки, рассевы, сито-

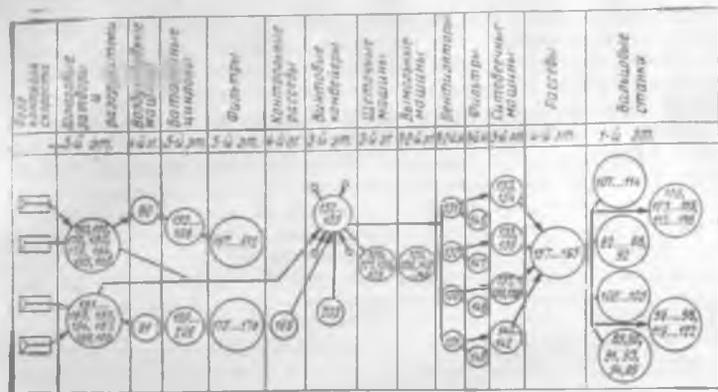


Рис. 40. Скелетная схема автоблокировки электродвигателей в размольном отделении мукомольного завода производительностью 240 т/сут

веечные машины и их продуктопроводы). Шлифовальные системы (вальцовые станки, рассевы и продуктопроводы), размольные системы (вальцовые станки, рассевы и продуктопроводы);

второй — распределение оборудования в зависимости от качества получаемой муки по системе с последующим формированием ее в цехе готовой продукции. Могут быть приняты и другие варианты группировки оборудования.

Вспомогательное оборудование (пневмотранспортное, аспирационное и др.) включают в отдельные сети обслуживания.

На рисунке 40 приведена скелетная схема автоблокировки электродвигателей, установленных в размольном отделении мукомольного завода производительностью 240 т/сут. Номера электродвигателей, соответствующих проекту, указаны в кружках. Электродвигатели связаны стрелками: одна стрелка обозначает дистанционный пуск электродвигателя, без блокировки, а две — блокировку и дистанционный пуск электродвигателя. В верхней части скелетной схемы указаны машины, с которыми связаны электродвигатели. Они расположены в порядке пуска оборудования: шлюзовые затворы, воздушодувные машины, батарейные циклоны, высоковакуумные фильтры, контрольные рассевы, винтовые конвейеры, шеточные машины, вентиляторы, ситовые машины, рассевы, вальцовые станки.

По пути движения зерна в зерноочистительном отделении мукомольного завода от бункера для неочищенного зерна до бункера для первой драной системы устанавливают приборы,

контролирующие и регулирующие работу оборудования. В бункерах для неочищенного зерна размещают датчики уровня МДУ-ЗС на трех уровнях по высоте бункера. Под бункерами устанавливают задвижки, при помощи которых регулируют подачу зерна в винтовой конвейер. Открывают и закрывают задвижку электродвигателями, работой которой руководит диспетчер главного щита управления. В сепараторах, триерах, магнитных колонках, обоечных и щеточных машинах монтируют датчики подпора. До и после подогревателя, кондиционера, влагоснимателя устанавливают приборы для регистрации температуры зерна, регуляторы поступления теплоты и влаги. На всех остальных машинах зерноочистительного отделения размещают датчики подпора, дистанционного и местного пуска электродвигателей.

В размольном отделении до первой драной системы устанавливают расходомеры, датчики уровней в бункере перед первой драной системой, прибор по определению влажности зерна и регулятор подачи воды. В вальцовом станке автоматизируют питающий механизм и механизм для регулирования зазора между вальцами. Электродвигатели вальцовых станков, рассевов и продуктопроводов автоблокируют. Вымольные машины, аспираторы заблокированы с теми машинами, с которыми они связаны. В цехах бестарного хранения и отпуски муки предусматривают в бункерах датчики уровня и световую сигнализацию.

Автоматизацию технологического процесса на крупяных заводах проводят так же, как и на мукомольных. ДАУ предусматривает: телефонную и двухстороннюю громкоговорящую связь, дистанционный пуск машин, автоблокировку технологических потоков, контроль за работой транспортных средств, контроль за положением перекидных клапанов и задвижек, за заполнением бункеров, противоаварийную автоблокировку.

В проекте автоматизации следует использовать следующие виды сигнализации: предупредительную звуковую; аварийную звуковую; световую о работе электродвигателей.

Электрическими схемами ДАУ должны предусматриваться общая пусковая схема для электродвигателей всего комплекса и схема управления индивидуальными маршрутами.

#### Вопросы для самоконтроля

1. Что характеризует мукомольный или крупяной завод как объект автоматизации?
2. Как построено ДАУ на мукомольном или крупяном заводе?
3. В какой последовательности разрабатывают АСУТП?
4. Что входит в понятие «техничко-экономические критерии АСУ»?

## XI глава

### МЕТОДЫ СИСТЕМНОГО АНАЛИЗА В ПРОЕКТИРОВАНИИ

#### § 1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Проектирование — творческий, эволюционный процесс, связанный с большим разнообразием действий, направленных на изобретение новых искусственных объектов для приспособления окружающего мира к некоторым задачам человека. Оно состоит в проведении комплекса работ, начиная от выявления потребности общества или производства в этом объекте и до разработки технологии его получения.

Разработка проекта является совокупностью задач, различных по характеру, размерности и степени взаимосвязанности. Отличительной особенностью мукомольно-крупяных производств как непрерывных процессов является вероятностно-стохастическая природа их протекания. Поэтому для повышения эффективности производства необходимо обеспечить оптимальные режимы протекания отдельных процессов и благоприятные внешние условия. От того, насколько правильно организовано взаимодействие объекта с внешней средой, будет зависеть эффективность производства. Таким образом, мукомольно-крупяное производство необходимо рассматривать как многоуровневую кибернетическую систему по переработке энергетических материальных и иных потоков, т. е. с позиции системного подхода.

В соответствии с методологией системного анализа выделяются иерархические уровни рассматриваемой системы с учетом взаимосвязей между отдельными уровнями. Каждый из уровней характеризуется соответствующим математическим описанием. С практической точки зрения такой подход позволяет получить более адекватное представление о производстве, выявлять более рациональные способы ведения процесса и решать задачи оптимизации на уровне технологической схемы.

В основе системного анализа лежит декомпозиция сложной технологической системы на отдельные подсистемы и установление количественных связей между ними. Выделение подсистем определяется сложностью рассматриваемого объекта, степенью изученности данной подсистемы и наличием математического описания.

Рассматривая независимо каждую подсистему, с входными и выходными потоками и оценивая их, можно выявить критерии потерь, а также резервы повышения эффективности отдельных машин и схем в целом.

Недостаточная изученность отдельных процессов не позволяет иметь полностью математически формализованное описание объекта. Поэтому выделяют уровни иерархии и устанавливают соотношения между ними. Важным аспектом при реализации системного подхода является использование аналитической информации, экспериментальных данных и наблюдений.

Разработка технологической схемы мукомольно-крупяного предприятия является многоуровневой проблемой и может быть сформулирована следующим образом. На основании выходных переменных  $Y$  определяют стратегию получения конечного продукта и топологию технологической системы  $G$ , а также входные переменных  $M$  и совокупность способов ведения процесса на отдельных стадиях  $Q$  при оптимальной эффективности производства:

$$\text{opt } \psi(Y, G, M, Q).$$

Современное мукомольно-крупяное производство включает множество процессов: от подготовки исходного сырья до получения готовой продукции. Увязать в единый технологический цикл всю совокупность процессов, обеспечить надежность и стабильность работы технологической схемы в наиболее эффективном режиме — задача оптимального технологического расчета. Системный подход к анализу технологического процесса производства муки (крупы) позволяет наметить новые принципы его расчета и проектирования. Согласно структуре современного технологического процесса производства муки (крупы) мукомольная (крупяная) технологическая схема (МТС, КТС), характеризующая цикл производства в целом, может быть представлена в виде отдельных процессов, количество которых определяется числом технологических операций. В любом случае они подразделяются на подготовительный цикл и цикл переработки подготовленного сырья.

Первый этап подготовительного цикла производства муки (крупы) заключается в подготовке сырья, что и лежит в основе функционирования подготовительной технологической системы (ПТС). Элементами ПТС являются машины для первичной очистки зерна от посторонних примесей и сухой его обработки. Основным элементом ПТС, определяющий эффективность ее функционирования в целом, — это сепарирующее оборудование (сепараторы, триеры, аспираторы, концентраторы и т. п.) и оборудование сухой обработки поверхности зерна (обоечные, щеточные машины и различные шелушители).

Следующий этап производства муки (крупы) заключается в гидротермической подготовке предварительно очищенного зерна. Этот этап осуществляется при помощи технологических систем подогрева, пропаривания, мойки, увлажнения, влагоснятия, отволаживания, элементами которых служат подогреватели зерна, скоростные кондиционеры, моечные машины, увлажняющие аппараты, влагосниматели, бункера для отволаживания.

Следующий этап — это окончательная очистка зерна, заключающаяся в обработке его поверхности и отделении посторонних примесей. Для этого используют сепараторы и обоечные, щеточные машины. Завершающим этапом подготовки является увлажнение зерна и его кратковременное отволаживание перед первой измельчающей системой. Параллельно осуществляется контроль полученных отходов.

Второй цикл — переработка подготовленного сырья, также состоит из нескольких этапов, число которых зависит от сложности проектируемого процесса (драной, сортировочный, вымольный, шлифовочный, ситовечный, размольный, контрольный).

Основными элементами технологических систем является оборудование, входящее в состав отдельных этапов, обеспечивающих функционирование наиболее важных процессов, а именно: сепарирование, ГТО, поверхностная обработка, измельчение, обогашение, просеивание.

## § 2. ТОПОЛОГИЧЕСКИЙ МЕТОД АНАЛИЗА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СХЕМЫ

Сложность технологической топологии современных мукомольных (крупяных) систем, их многомерность по числу составляющих элементов и по числу выполняемых функций, а также значительная степень параметрического взаимовлияния элементов обуславливает ряд трудностей научно-исследовательского, методологического и вычислительного характера, которые могут быть в основном преодолены путем использования топологического метода анализа (ТС).

Этот метод позволяет установить функциональную взаимосвязь между технологической топологией и количественными характеристиками функционирования системы в виде материальных нагрузок на ее элементы, разрабатывать оптимальные алгоритмы расчета на ЭВМ систем уравнений, а также оптимизировать сложные системы при минимальных затратах машинного времени.

Анализ функционирования ТС удобно осуществить с использованием графов и технологических моделей, которые формиру-



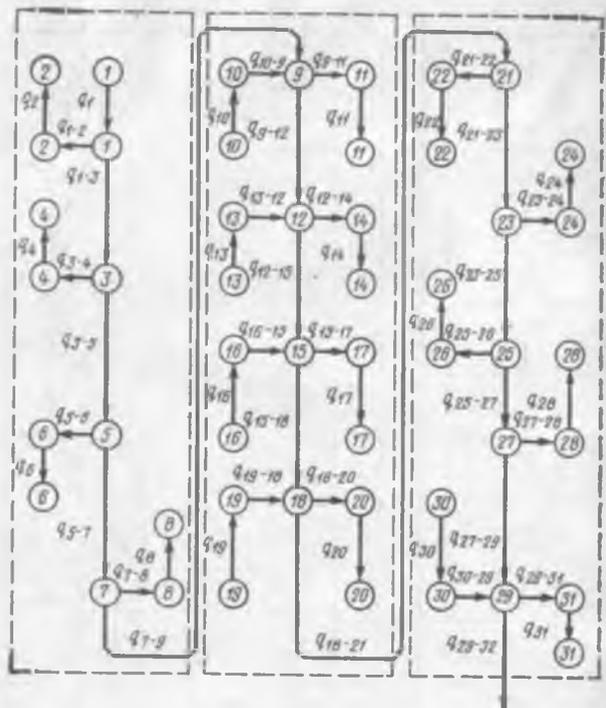


Рис. 43. Материальный потоковый граф схемы из рисунка 42

технологическими операторами или оборудованием. Потоки являются внешними вершинами материального потокового графа.

К особенностям материального потокового графа относят: ориентированность, поскольку движение материальных потоков в системе происходит в строго определенном направлении, асимметричность (наличие в системе обратных потоков); связность, так как все элементы в системе взаимосвязаны материальными потоками.

Материальный поток сырья в зерноочистительном отделении изменяется в операторах 1, 3, 5, 7, 9, 12, 15, 17, 20, 22, 24, 26, 28 (подогреватель, сепараторы, камнеотделительные машины, триеры, скоростной кондиционер, влагосниматель, увлажнительная машина, аспираторы).

Для приведенного процесса можно составить уравнения балансов, которые имеют следующий вид:

$$\begin{aligned} q_1 - q_{1-2} - q_{1-3} &= 0 \quad (1) \\ q_{1-2} - q_2 &= 0 \quad (2) \\ q_{1-3} - q_{3-4} - q_{3-5} &= 0 \quad (3) \\ q_{3-4} - q_4 &= 0 \quad (4) \\ q_{3-5} - q_{5-6} - q_{5-7} &= 0 \quad (5) \\ q_{5-6} - q_{1-6} &= 0 \quad (6) \\ q_{5-7} - q_{7-8} - q_{7-9} &= 0 \quad (7) \\ q_{7-8} - q_8 &= 0 \quad (8) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} q_{7-9} + q_{10-9} - q_{9-11} - q_{9-12} &= 0 \quad (1) \\ q_{10-9} - q_{10} &= 0 \quad (2) \\ q_{9-11} - q_{11} &= 0 \quad (3) \\ q_{9-12} + q_{13-12} - q_{12-14} - q_{12-15} &= 0 \quad (4) \\ q_{13-12} - q_{13} &= 0 \quad (5) \\ q_{12-14} - q_{14} &= 0 \quad (6) \\ q_{12-15} + q_{16-15} - q_{15-17} - q_{15-18} &= 0 \quad (7) \\ q_{16-15} - q_{16} &= 0 \quad (8) \\ q_{15-17} - q_{17} &= 0 \quad (9) \\ q_{15-18} - q_{19-18} - q_{18-20} - q_{18-21} &= 0 \quad (10) \\ q_{19-18} - q_{19} &= 0 \quad (11) \\ q_{18-20} - q_{20} &= 0 \quad (12) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} q_{18-21} - q_{21-22} - q_{21-23} &= 0 \quad (1) \\ q_{21-22} - q_{22} &= 0 \quad (2) \\ q_{21-23} - q_{23-24} - q_{23-25} &= 0 \quad (3) \\ q_{23-24} - q_{24} &= 0 \quad (4) \\ q_{23-25} - q_{25-26} - q_{25-27} &= 0 \quad (5) \\ q_{25-26} - q_{26} &= 0 \quad (6) \\ q_{25-27} - q_{27-28} - q_{27-29} &= 0 \quad (7) \\ q_{27-28} - q_{28} &= 0 \quad (8) \\ q_{27-29} + q_{30-29} - q_{29-31} - q_{29-32} &= 0 \quad (9) \\ q_{30-29} - q_{30} &= 0 \quad (10) \\ q_{29-31} - q_{31} &= 0 \quad (11) \end{aligned}$$

На примере второго потока рассмотрим дальнейший ход анализа. Имеется 12 взаимосвязанных уравнений. Требуется установить порядок расчета этих уравнений и выделить группы, которые необходимо решить совместно. Для этого производим декомпозицию материального потокового графа на подсистемы

более низкого порядка. Матрица смежности исходного потокового графа имеет вид:

	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
9	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
13	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
H-14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
16	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Анализ матрицы  $H$  показывает, что отсутствуют единичные рециклы (нет ни одного единичного элемента на главной диагонали матрицы). Столбцы 10, 13, 16, 19 нулевые, т. е. вершины 10, 13, 16, 19 не имеют внутренних вершин — «предшественников», нулевые строки 11, 14, 17, 20 означают отсутствие внешних вершин — «потомков».

На этом основании можно считать, что вершины 10, 13, 16, 19 представляют собой самостоятельную подсистему, для которой уравнения (2, 5, 8, 11) рассматриваются как начальные шаги вычислительной процедуры решения балансовых уравнений системы, причем  $q_{10-9}$ ,  $q_{13-12}$ ,  $q_{16-15}$ ,  $q_{19-18}$  — заданные переменные.

Вершины 11, 14, 17, 20 также являются самостоятельной подсистемой, решение балансовых уравнений которой (уравнения 3, 6, 9, 12) является вторым шагом вычислительной процедуры.

Исходную матрицу смежности упрощаем, вычеркивая столбцы и строки с номерами 10, 13, 16, 19, 11, 14, 17, 20. Новая матрица смежности будет иметь вид:

	9	11	12	14	15	17	18	20
9	0	1	0	0	0	0	0	0
10	1	0	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	1	0	0	0	0
13	0	0	1	0	0	0	0	0
H-14	0	0	0	0	0	1	0	0
15	0	0	0	0	1	0	0	0
16	0	0	0	0	0	0	0	1
18	0	0	0	0	0	0	0	1
19	0	0	0	0	0	0	1	0

Из этого следует, что вершины 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19 являются самостоятельной подсистемой, решение его балансовых уравнений (уравнения 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11) служит заключительным шагом вычислений.

Порядок расчета уравнений будет следующий:



Используя установленный порядок балансовых уравнений, рассчитываем материальный баланс линии ГТО зерна продолжительностью 10 т/ч на основании следующих исходных данных:

Расход пара на скоростном кондиционере ( $G_n$ )	кг/ч — 300
с влажосодержанием (кг/м <sup>3</sup> ):	или 160,8 м <sup>3</sup>
на входе в пропариватель, $X_n^{вх}$	1,13
на выходе из пропаривателя, $X_n^{вых}$	0,76
Содержание сорной примеси в зерне, %	0,9
Степень извлечения примесей в моечной машине ( $\eta$ ), %	40,0
Расход воды на мойку зерна, л/кг	2
Увеличение влажности зерна после моечной машины ( $w_m$ ), %	4
Снижение содержания влаги в зерне после влагоснимателя, %	2
Прирост влаги после увлажнения зерна, %	0,5

В таблице 37 приведены обозначения материальных потоков и формулы для их расчета.

37. Расчет материальных потоков

Обозначение	Материальный поток	Расчетная формула
$q_{7-9}$	Количество исходного зерна, кг	9 900
$q_{10-9} = q_{10}$	Количество влаги, поступающей с паром	$q_{10-9} = \varphi_n (X_n^{вх} - X_n^{вых})$
$q_{9-12}$	Количество пропаренного зерна	$q_{9-12} = q_{7-9} + q_{10-9}$
$q_{12-14}$	Количество выделенных примесей	$q_{12-14} = q_{9-12} \cdot P \cdot \eta$
$q_{13-12}$	Прирост влаги в зерне после мойки	$q_{13-12} = q_{9-12} \cdot 0,04$
$q_{12-15}$	Количество зерна после мойки	$q_{12-15} = q_{9-12} + q_{13-12} - q_{12-14}$
$q_{15-17}$	Количество влаги, удаленной на влагоснимателе	$q_{15-17} = q_{12-15} \cdot 0,02$
$q_{15-18}$	Количество зерна после влагоснимателя	$q_{15-18} = q_{12-15} - q_{15-17}$
$q_{18-20}$	Прирост влаги в зерне после увлажнения	$q_{18-20} = q_{15-18} \cdot 0,005$
$q_{18-21}$	Количество обработанного зерна	$q_{18-21} = q_{15-18} + q_{18-20}$

Пользуясь расчетными формулами, определяем материальный баланс линии ГТО:

$$\begin{aligned} q_{10-9} &= 160,8 \cdot 0,37 = 60 \\ q_{9-12} &= 9900 + 60 = 9960 \\ q_{12-14} &= 9960 \cdot 0,009 \cdot 0,4 = 36 \\ q_{12-13} &= 9960 \cdot 0,04 = 398 \\ q_{12-15} &= 9960 + 398 - 36 = 10322 \\ q_{15-17} &= 10322 \cdot 0,02 = 206 \\ q_{15-18} &= 10322 - 206 = 10116 \\ q_{18-20} &= 10116 \cdot 0,005 = 51 \\ q_{18-21} &= 10116 + 51 = 10167 \end{aligned}$$

### § 3. ЭФФЕКТИВНОСТЬ И СТАБИЛЬНОСТЬ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ТС

Показателем эффективности функционирования ТС является приведенный доход  $D_{пр}$  (р/год):

$$D_{пр} = \sum_{i=1}^n C_i B_i - Z_{эк} - E_n K_i,$$

где  $C_i$  — цена готовой муки (крупы)  $i$ -го вида р/т;  $B_i$  — годовой объем выпуска  $i$ -го вида муки (крупы), т/год;  $Z_{эк}$  — суммарные эксплуатационные затраты за год, р/год;  $E_n$  — нормативный коэффициент эффективности капиталовложений ( $E_n = 0,15$ );  $K_i$  — производственные фонды, р.

Стабильность процесса определяется по формуле

$$\eta = \left(1 - \frac{H}{1}\right).$$

где  $H = - \sum_{i=1}^n P_i \log_2 P_i$ ;  $P_i$  — вероятностная мера, т. е. вероятность попадания

случайной величины в заданный интервал, причем  $\sum_{i=1}^n P_i = 1$ .

#### Вопросы для самоконтроля

1. Что такое топологический метод анализа технологической схемы?
2. Что такое технологические операторы, материальные потоки?
3. Как определяют эффективность функционирования ТС?

## XII глава

### МЕТОДЫ СЕТЕВОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ

#### § 1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Правильная организация проектных работ в установленные сроки на основе сетевых графиков позволяет выполнять работы в установленные сроки и экономить значительные ресурсы. Развитие кибернетики, создание ЭВМ открыло широкую дорогу методам проектирования с применением сетевых графиков. На горизонтальных отрезках сетевых графиков показывают последовательность и сроки выполнения с указанием объема работ и числа исполнителей, легко поддающиеся обработке на ЭВМ.

Основным из методов современного проектирования является система СПУ — сетевого проектирования и управления. Основой этой системы служит график, представляющий собой динамическую модель выполнения всего процесса проектирования. Система СПУ обеспечивает управление проектированием по трем этапам: первый — разработка первоначального исходного сетевого графика; второй — оптимизация исходного сетевого графика в соответствии с заданиями директивных организаций; третий — осуществление оперативного управления и контроль за ходом производства работ.

При построении сетевого графика используют пять элементов: работу, ожидание, зависимость, событие и путь.

Работа — трудовой процесс, требующий затраты времени, материальных ресурсов и труда. На сетевом графике работу изображают сплошными линиями со стрелками с указанием продолжительности. В понятие «работа» входит также ожидание и зависимость.

Ожидание — пассивный процесс, требующий только затрат времени, без затрат труда.

Зависимость — логическая связь между операциями, не требующая ни времени, ни ресурсов. Зависимость на графике чертят пунктирной линией со стрелкой.

Событие — итог деятельности, определяющей окончание одной или нескольких работ, необходимых для начала последующих работ. События на сетевом графике изображают кружками с номером внутри.

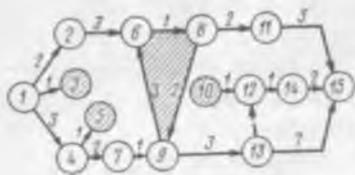


Рис. 44. Схема сетевого графика

Для составления схемы исходного сетевого графика необходимо выяснить: какие работы должны быть завершены до начала последующих работ, а также существующие технологические и логические связи между работами; можно ли выполнить параллельно работы, совмещенные во времени. В заключение устанавливают конечную цепь всего комплекса работ. Схемы сетевых графиков вычерчивают в заданной последовательности выполняемых работ слева направо.

На сетевом графике работа соединяет два события — начальное и конечное. Событие, из которого стрелка выходит, называется начальным или предшествующим. Событие, в которое стрелка входит, называется конечным или последующим. Каждую работу на сетевом графике дополняют продолжительностью (в днях, декадах или других единицах времени).

Путь представляет собой любую непрерывную технологическую последовательность работ от исходного события до конечного, завершающего. Например (рис. 44) путь 1—2—6—8—11—15 или 1—4—7—9—13—15. Суммой продолжительности входящих работ определяется длина пути. Из сравнения путей, входящих в сетевой график, выбирают такой, у которого суммарная продолжительность работ будет иметь максимальное значение. Этот путь принято называть критическим путем.

Все работы, лежащие на критическом пути, являются основными, и от их продолжительности будет зависеть конечный срок выполнения работ. Все остальные пути продолжительности меньше критического называются ненапряженными, а работы, входящие в эти пути, имеют некоторый резерв времени. В сетевом графике не должно быть событий, из которых не выходит ни одной работы (кроме завершающего). В сетевом графике не должно быть событий и работ с одинаковым шифром.

При выполнении сложных работ, когда принимают участие несколько отделов (специалистов), для правильной организации их работ составляют вначале сетевые графики, называемые первичными, а затем частные, объединяющие группу смежников и, в заключение, общий сводный сетевой график.

Изложенный процесс объединения сетевых графиков называется «сшиванием» сетевого графика. Каждое подразделение (специалист), разрабатывающее первичный сетевой график, использует свои условные обозначения событий (кружки, квадраты, треугольники и т. д.). Введение условных обозначений

делает сетевой график более наглядным и удобным для нахождения своих работ и их связей.

Для сопоставления исходного сетевого графика используют следующие материалы: проектное задание; акты отбора площадки; материалы согласований; технологические нормы проектирования; материалы изыскательских работ; сведения о кооперировании; сведения об обеспечении местными материалами и согласовании о взаимозаменяемости. Перечисленное заносится в таблицу (табл. 38).

38. Исходные материалы для составления сетевого графика

Предшествующая работа	Номер	Шифр	Характеристика работы		Трудоёмкость в чел.-днях	Исполнитель			Примечание
			наименование	продолжительность в днях		подразделение	профессия	количество чел.-дней	

Исходный сетевой график позволяет установить конечную цель, определить критический путь и затраты времени. Его составляют по укрупненной схеме с ограниченным количеством событий. Укрупнение сетевого графика выполняют с соблюдением следующих условий: одно и то же событие в детальном и укрупненном сетевом графике должно иметь одинаковое определение не допускается введение в укрупненные сетевые графики событий, которых нет в детальном графике. При «сшивании» сетевого графика устраняют все случаи несогласованности между исполнителями с определением связывающих событий и сроков.

## § 2. РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ СЕТЕВОГО ГРАФИКА

После составления сетевого графика рассчитывают следующие параметры: продолжительность критического пути, а также других путей графика; сроки начала и окончания работ; резерв времени для работ, не лежащих на критическом пути; коэффициенты напряженности. Расчет параметров сетевого графика можно проводить: аналитическим, графическим, табличным способами; с применением ЭВМ или в масштабе времени.

При расчете сетевых графиков применяют следующие обозначения:

$T_{кр}$  — продолжительность критического пути:

$$T_{кр} = t(L_{кр}) \max;$$

$t(L_{np})$  — продолжительность любого полного пути;  
 $t_{i-j}$  — продолжительность работы ( $i$  — номер предшествующего,  $j$  — номер последующего события);

$$t(L_{np}) = \sum t_{i-j};$$

$t_{i-j}^{no}$  — раннее начало работы, определяется продолжительностью максимального пути от начального события  $i$  до предшествующего события данной работы  $i$

$$t_{i-j}^{no} = t(L(i-i) \max);$$

$t_{i-j}^{po}$  — раннее окончание работы, определяется суммой раннего начала и продолжительностью данной работы

$$t_{i-j}^{po} = t_{i-j}^{no} + t_{i-j};$$

$t_{i-j}^{pn}$  — позднее начало работы, находят как разность между продолжительностью критического пути и суммарной продолжительностью работ, лежащих на максимальном из путей, следующих за событием

$$t_{i-j}^{pn} = T_{кр} - \sum t(L(i-c) \max),$$

где  $c$  — конечное завершающее событие;

$t_{i-j}^{pn}$  — позднее окончание работы, вычисляется суммой позднего начала и продолжительностью данной работы

$$t_{i-j}^{pn} = t_{i-j}^{pn} + t_{i-j};$$

$R_{i-j}$  — общий запас времени, т. е. количество времени, на которое можно перенести начало работы или увеличить ее продолжительность без изменения общего срока проектных работ.

Общий запас времени находят как разность позднего и раннего начала или окончания работы

$$R_{i-j} = t_{i-j}^{pn} - t_{i-j}^{no} \text{ или } R_{i-j} = t_{i-j}^{pn} - t_{i-j}^{po};$$

$r_{i-j}$  — частный запас времени, определяется разностью раннего начала последующей работы и раннего окончания данной работы. Это количество времени, на которое можно перенести начало работы или увеличить ее продолжительность без изменения раннего начала последующих работ. Он возникает, когда в событии «входят» две или более работ различной продолжительности

$$r_{i-j} = t_{i-j}^{no} - t_{i-j}^{po};$$



Рис. 45. Исходный сетевой график, ориентированный на работы

$R(L)$  — общий полный резерв времени пути, находят как разность между продолжительностью критического пути и продолжительностью любого другого пути

$$R(L) = T_{кр} - t(L_{np});$$

$R(L_{np})$  — общий полный резерв времени пути, может быть определен как сумма частных резервов времени всех работ этого пути

$$R(L_{np}) = \sum r_{i-j}(L_{np});$$

$K_n(L_{np})$  — коэффициент напряженности, характеризует напряженность сроков выполнения работ. Он определяется отношением продолжительности отрезков максимального пути, проходящего через данную работу, и критического пути

$$K_n(L_{np}) = \frac{t(L_{np}) - t_{i-j}(L_{np})}{T_{кр} - t_{i-j}(L_{np})}.$$

### 39. Перечень работ для построения сетевого графика

Комплекс:

Объект:

Предшествующая работа	Номер	Шифр	Характеристика работы		Исполнители			Примечание
			наименование	продолжительность, дим	подразделение	профессия	количество чел.-дней	

40. Расчетные параметры для сетевого графика

Номер пути	Номер событий, по которым проходит путь	Продолжительность пути, дни	Общий резерв времени пути	Коэффициент напряженности
------------	---	-----------------------------	---------------------------	---------------------------

41. Расчет параметров сетевого графика табличным способом

Число предшествующих работ	Шифр работы	$t_{i-j}$ , дни	$t_{i-1}$	$t_{i-2}$	$i_{i-1}$	$i_{i-2}$	$R_{i-j}$	$r_{i-j}$	
-	1-2	3	0	0	15	18	15	0	
-	1-3	2	0	2	9	11	9	0	
-	1-4	3	0	3	9	12	9	0	
-	1-5	5	0	5	0	5	0	0	
1	2-6	4	3	7	18	22	15	0	
1	3-7	3	2	5	11	14	9	0	
1	3-9	8	2	10	12	20	10	0	
1	3-6	0	2	10	22	22	20	5	
1	4-7	2	3	5	12	14	9	0	
1	5-8	6	5	11	5	11	0	0	
2	6-10	6	11	17	13	22	26	15	0
2	7-11	5	10	15	16	19	19	9	9
1	8-11	8	11	19	11	19	19	0	0
1	8-13	4	11	15	15	24	26	13	0
1	9-12	4	10	16	20	24	24	10	15
1	10-14	3	13	16	28	31	19	15	0
2	11-12	5	19	24	19	19	19	0	0
3	11-15	6	19	25	25	31	31	0	0
2	12-14	7	24	31	31	31	31	0	0
2	12-16	7	24	31	31	31	31	4	4
3	13-16	7	15	22	28	28	28	13	13
4	14-16	4	31	35	31	31	31	0	0
4	15-16	4	25	29	31	31	31	6	6
4	15-17	6	35	41	35	41	41	0	0

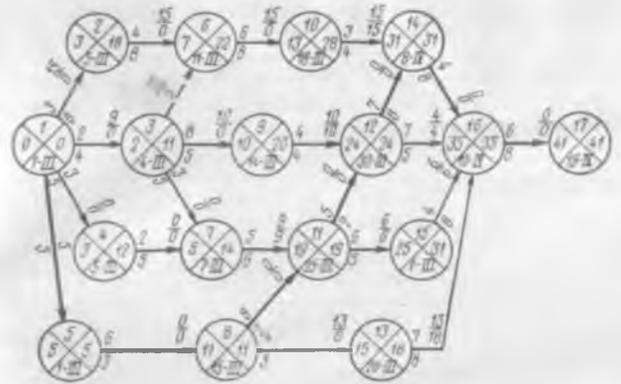


Рис. 46. Сетевой график, рассчитанный четырехсекторным способом

На рисунке 45 приведен примерный расчет сетевого графика с ориентацией на выполняемые работы. В основу построения данного сетевого графика положен перечень проектных работ, приведенных в таблице 39.

Сетевой график (см. рис. 45) состоит из 17 событий, 23 работ и одной логической связи, под стрелками указана продолжительность работ в днях. Определена продолжительность каждого пути, а результаты записаны в таблицу 40.

В сетевом графике работы, находящиеся на критическом пути, выделены жирными стрелками. Чем ближе к единице коэффициент напряженности, тем более напряженные сроки выполнения этого пути. Поэтому этим работам требуется уделить большое внимание.

Расчет сетевого графика аналитическим способом начинают с определения работ последовательно для каждой операции, переходя от более ранних событий к более поздним, т. е. слева направо. Поздние сроки начала и окончания работ определяют обратным ходом, от завершающего события к исходному, т. е. справа налево. Расчет сетевого графика табличным способом является наглядным и компактным (табл. 41).

При расчете сетевого графика графическим способом (рис. 46) кружки события сетевого графика делят на четыре сектора. В верхнем секторе проставляют номер события, в нижнем секторе — календарную дату раннего начала. В левом сек-

торе проставляют раннее начало работ, выходящих из данного события. Над линиями работ цифрой указана продолжительность работы, дробью — общий и частный резервы времени, а под линиями работ — число занятых работников. При построении сетевого графика в масштабе стрелки имеют длину, соответствующую продолжительности работ.

#### Вопросы для самоконтроля

1. Что такое сетевой график, его назначение?
2. Что такое система сетевого проектирования и управления (СПУ)?
3. Этапы СПУ?
4. Как построить сетевой график?
5. Что такое «сшивка» сетевого графика?
6. Как провести расчет сетевого графика?
7. Каковы особенности расчета сетевого графика табличным и графическим способами?
8. Как построить сетевой график в масштабе времени?

## XIII глава

### СИСТЕМА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ

#### § 1. ЗНАЧЕНИЕ САПР В ПРОЕКТИРОВАНИИ

Создание и ввод в действие систем автоматизированного проектирования (САПР) как новой высокоэффективной технологии проектирования, рассматривается в качестве одного из важнейших факторов ускорения научно-технического прогресса. Проблема «массового производства» и эксплуатация САПР, разработка единой структуры САПР, упорядочение процессов их создания и функционирования, унификация материально-технической базы и выработка общей терминологии позволяют существенно сократить сроки и затраты на создание САПР, начать переход к индустриальным методам проектирования и создания таких систем.

Проектирование является широко распространенной областью деятельности, направленной на создание проектов новых технологических систем. В реализации требований научно-технического прогресса проектированию отводится ведущая роль в едином процессе наука — техника — производство.

Процесс проектирования можно представить как целенаправленную последовательность действий по принятию и реализации проектных решений, приводящих к составлению на определенном языке описания необходимого для изготовления и эксплуатации в заданных условиях еще не существующего объекта.

Технической базой САПР являются ЭВМ с развитой периферийной техникой, включая графические дисплеи, графопостроители, позволяющие автоматизировать графические процедуры, а также создающие возможность интерактивного режима работы. Появились автоматизированные рабочие места (АРМ).

Программные средства САПР представляют собой пакеты прикладных программ, имеющих управляющую программу и набор проектирующих программных модулей. Управляющая программа формирует необходимые для решения задач состав и последовательность выполнения проектирующих программных модулей. Для хранения условно-постоянных данных и типовых модулей, используются базы данных и знаний, составляющих

основу информационного обеспечения. Для ввода исходных данных и информации в процессе проектирования применяют специальные языки графического взаимодействия пользователя с ЭВМ. Проектировщик при функционировании САПР имеет возможность творчески просматривать, сопоставлять и анализировать десятки и сотни различных вариантов проектных решений. При автоматическом проектировании появляется возможность математически смоделировать поведение объектов (проектных решений), осуществить оптимизацию и выбрать лучший вариант проекта.

Особенностью автоматизированного проектирования является формирование в памяти ЭВМ модели проектируемого объекта, содержащей всю необходимую информацию. Это позволяет в любой момент вывести из модели информацию, необходимую технологу, что дает возможность рационально организовать проектные процедуры.

Проектирование — это творческая интеллектуальная деятельность, формализовать которую полностью не удастся. Средства автоматизации выступают в роли «собеседника» с пользователем. Проектирование ведется под управлением человека, и он принимает особо важные решения. Наименее формализуемые ранние стадии проектирования, а трудоемкие процедуры по оформлению текстовой и графической документации полностью поддаются формализации — можно резко сократить трудоемкость работ.

Таким образом, появляется качественно новая несравненно более производительная технология проектирования — САПР.

В качестве важных направлений развития автоматизации технологического проектирования следует выделить проблемы: математическое моделирование технологических решений; разработка вычислительных методов поиска наилучших технологических решений; создание информационных баз данных для технологической проработки отдельных объектов проектирования на различных этапах; создание эффективных программно-технических комплексов и средств, обеспечивающих оперативную работу проектировщика в САПР с учетом преемственности традиционного стиля работы расчетчика, конструктора и технолога. В САПР должна быть достигнута комплексная автоматизация всех видов работ проектировщиков.

## § 2. СТРУКТУРНАЯ МОДЕЛЬ САПР

САПР представляет собой организационно-техническую систему, выполняющую автоматизированное проектирование объектов и состоящую из комплекса средств автоматизации проек-

тирования. Объектами проектирования (ОП) в САПР являются технологические процессы. Цель создания САПР в проектных организациях — повышение технико-экономического уровня проектируемых объектов, сокращение сроков, уменьшение стоимости и трудоемкости проектирования.

При рассмотрении структуры САПР выделяют два аспекта ее членения: подсистема и обеспечение. Первый аспект дает представление о САПР как о совокупности подсистем. Подсистемы подразделяют по назначению на два вида: проектирующие и обслуживающие. К проектирующим относят подсистемы, выполняющие проектные процедуры и операции (например, подсистема технологического проектирования).

К обслуживающим относят подсистемы, выполняющие обслуживающие процедуры и предназначенные для поддержания работоспособности проектирующих подсистем (например, подсистема графического отображения объектов проектирования, документирования, информационного поиска).

Материально-технической базой, инструментальной основой САПР является комплекс средств автоматизации проектирования (КСАП), представляющий взаимосвязанную совокупность видов обеспечения. К видам обеспечения, входящим в состав КСАП, относят математическое (М), лингвистическое (Л), техническое (Т), информационное (И), программное (П), методическое (Ме) и организационное (О).

В зависимости от вида обеспечения выделяют компоненты: математического обеспечения — методы, математические модели и алгоритмы выполнения процесса проектирования (ПП); лингвистического обеспечения — языки проектирования, терминология; технического обеспечения — устройства вычислительной и организационной техники, средства передачи данных, измерительные и другие устройства или их сочетания; информационного обеспечения — документы, содержащие описания стандартных проектных процедур, типовых проектных решений, типовых элементов, комплектующих изделий, материалов, и другие данные, массивы и базы данных на магнитных носителях с записью указанных документов, а также совокупностью моделей, отражающих опыт проектирования; программного обеспечения — программы с необходимой программной документацией; методического обеспечения — документы, в которых отражены состав, правила отбора и эксплуатации средств автоматизации проектирования; организационного обеспечения — положения, инструкции, приказы, штатные расписания, квалификационные требования и другие документы, устанавливающие состав проектной организации и ее подразделений, их функции и связи между ними в условиях функционирования САПР.

Множество элементов САПР можно расчленить на три под-

множества: уровень системы в целом  $S^c$ , уровень подсистемы  $S^i$  и уровень компонентов  $S^k$  по видам обеспечения:

$$S = [S^c_i, S^i_j, S^k_g],$$

где  $i, j, g$  — число элементов САПР соответственно на уровнях.

Состав элементов  $S$  обозначают порядковыми числами от 1 до 27 (табл. 42). Все 27 элементов присущи любым САПР независимо от того, какой ПП выполняется системой и какой ОП получается на ее выходе.

#### 42. Комплекс средств автоматизированного проектирования

Уровень рассмотрения	Взаимодействие с внешней средой	Объект проектирования	Субъект (пользователь)	Процесс проектирования	Структура	Виды обеспечения						
						М	Л	Т	И	П	Ме	О
Система	$S^c_1$	$S^c_2$	—	$S^c_3$	$S^c_4^п$	$S^c_5$	$S^c_6$	$S^c_7$	$S^c_8$	$S^c_9$	$S^c_{10}$	$S^c_{11}$
Подсистема	—	—	$S^i_{20}$	—	$S^i_{12}/к$	$S^i_{13}$	$S^i_{14}$	$S^i_{15}$	$S^i_{16}$	$S^i_{17}$	$S^i_{18}$	$S^i_{19}$
Компоненты	—	—	—	—	—	$S^k_{21}$	$S^k_{22}$	$S^k_{23}$	$S^k_{24}$	$S^k_{25}$	$S^k_{26}$	$S^k_{27}$

Для построения структуры САПР, их подсистем и для разработки компонентов выделяют ряд общесистемных свойств (принципов), определяющих деятельность по созданию САПР в организациях: принцип совместимости, системного единства, стандартизации и развития.

Принцип совместимости заключается в том, что языки, символы, коды, информационные и технологические характеристики связей между подсистемами, средствами обеспечения и компонентами САПР должны быть согласованы так, чтобы обеспечивалось совместное функционирование подсистем и сохранялась открытая структура системы в целом.

При создании САПР необходимо рассматривать: совместимость неавтоматизированного проектирования и автоматизированного проектирования, позволяющую осуществить постепенный переход от неавтоматизированной формы организации проектирования к автоматизированной; совместимость подсистем САПР по средствам автоматизированного проектирования, позволяющих как автономное функционирование подсистем САПР,

так и в составе всей системы в целом; совместимость САПР с внешней средой (другими автоматизированными системами АСУП, АСУТП).

Принцип системного единства заключается в том, что на всех стадиях создания, при функционировании и развитии САПР целостность системы должна достигаться за счет учета связей между подсистемами САПР. Разработка видов обеспечения М, Л, Ме, П, Т, И, О должна вестись таким образом, чтобы при функционировании все компоненты составляли целостное образование — систему, свойства которой не сводятся к сумме свойств отдельных компонентов.

Принцип стандартизации заключается в проведении унификации, типизации и стандартизации компонентов и комплексов средств САПР, инвариантных к проектируемым объектам и отраслевой специфике, а также в установлении правил для упорядочения деятельности в области создания и функционирования САПР.

САПР нужно разрабатывать таким образом, чтобы возможно большая часть входящих в ее состав средств автоматизации проектирования обеспечивала при их реализации высокую универсальность, т. е. возможность использования КСАП без существенных переделок и доработок при смене ОП в рамках одного класса. Принцип развития заключается в том, что САПР должна создаваться и функционировать как развивающаяся система, допускающая пополнение, совершенствование и обновление компонентов средств и компонентов САПР.

В зависимости от типа объектов проектирования различают САПР: изделий машиностроения и приборостроения; технологических процессов; объектов строительства; организационных систем. Данным группировкам соответственно присваивают код от 1 до 4.

Процессы создания и функционирования САПР определяются сложностью объектов, проектируемых системой: простые объекты — число составных частей до  $10^2$ ; объекты средней сложности — число составных частей от  $10^2$  до  $10^3$ ; сложных объектов — число составных частей от  $10^3$  до  $10^4$ , очень сложных объектов — число составных частей от  $10^4$  до  $10^6$ ; объектов очень высокой сложности — число постоянных частей свыше  $10^6$ .

В зависимости от уровня автоматизации процесса проектирования различают САПР: низкоавтоматизированного проектирования с количеством автоматизированных проектных процедур от 25% общего количества; среднеавтоматизированного проектирования — количество охваченных автоматизацией проектных процедур 25...50%; высокоавтоматизированного проектирования — свыше 50% автоматизированных процедур, а также наличие многовариантного оптимального проектирования.

По комплектности автоматизации процессов проектирования различают: одноэтапную САПР, выполняющую один этап проектирования из всех предусмотренных проектируемой системой; многоэтапную САПР, выполняющую несколько этапов проектирования; комплексную САПР, выполняющую все этапы проектирования.

По характеру выполняемых проектных документов различают САПР: текстовых документов на бумажной ленте или листе; текстовых и графических документов на бумажной ленте или листе; документов на машинных носителях, включая документы на перфоносителях (перфокартах, перфолентах) и на магнитных носителях (магнитных лентах, дисках и барабанах); документов на фотоносителях, в том числе на микрофильмах, микрофишах, фотошаблонах и т. п.; документов на двух типах носителей информации; документов на всех типах носителей.

В зависимости от количества выпускаемых проектных документов различают: системы малой производительности, выпускающие до  $10^5$  проектных документов, в пересчете на формат А1 за год; системы средней производительности, выпускающие от  $10^5$  до  $10^6$  проектных документов за год; системы высокой производительности, выпускающие свыше  $10^6$  проектных документов за год.

Различают два уровня построения системы САПР: одноуровневая — система построения на основе ЭВМ среднего или высокого класса с серийным набором периферийных устройств, который в необходимых условиях может быть дополнен некоторыми средствами обработки графической информации; двухуровневая — система построения на ЭВМ высокого класса и автоматизированных рабочих мест, включающих линии ЭВМ.

**Разработка типовой модели процесса создания САПР.** Структурная модель процесса создания САПР

$$D = [Q, F, R],$$

где  $Q$  — множество подпроцессов (этапов, работ) процесса создания САПР;  $F$  — совокупность свойств (содержания) подпроцессов;  $R$  — бинарные отношения на множестве подпроцессов разного уровня.

В качестве базовых элементов (БЭ) выбирают подпроцессы, не подлежащие дальнейшему членению при создании САПР. БЭ принадлежит множеству подпроцессов ( $Q$ ), если он обладает свойствами  $F_{об}$  (общие свойства): цели, технологичности и непрерывности времени выполнения.

Свойство  $F_1$  цели — любой БЭ должен иметь определенную цель выполнения. БЭ может иметь одну из двух целей выполнения: техническую и организационную.

Свойство  $F_2$  технологическое, т. е. весь процесс создания

САПР расчленяется так, что выход одного элемента может быть использован в последующих элементах в качестве входа.

Свойство  $F_3$  непрерывности времени выполнения предусматривает формирование таких элементов, выполнение которых осуществляется непрерывно.

При создании САПР установлена последовательность этапов ( $Э_i$ ) принятия и реализации решений:

$Э_1$  — формулировка целей создания объекта (т. е. каждого из 27 элементов), определения его функций, состава структурных элементов, принципов создания и других характеристик, дающих общее представление об объекте;

$Э_2$  — сбор и анализ исходных данных о существующем объекте и среде его существования;

$Э_3$  — исследование, прогноз формирования множества возможных объектов;

$Э_4$  — формирование исходных данных, требований и ограничений по созданию объекта;

$Э_5$  — формирование множества допустимых объектов и критериев их оценки;

$Э_6$  — разработка модели выбора, оценки допустимых объектов и выбор его рационального варианта;

$Э_7$  — принятие предварительных решений по реализации выбранного варианта объекта;

$Э_8$  — принятие окончательных решений по реализации выбранного варианта объекта;

$Э_9$  — реализация объекта в виде проекта (рабочей документации);

$Э_{10}$  — реализация объекта как изделия, подлежащего монтажу, наладке;

$Э_{11}$  — оценка качества полученного объекта при вводе в действие и разработке предложений по развитию объекта в процессе функционирования.

С определением состава и содержания типовых этапов каждый из 297 ( $27 \times 11$ ) элементов матрицы получает семантическую определенность.

**Стадии создания САПР.** Стадия — это структурно-законченная часть процесса создания САПР, которая охватывает совокупность работ, ограниченных двумя смежными моментами времени; характеризует определенное состояние процесса, параметры которого отражают описание САПР в целом или его подсистем; завершается контролем выполнения работ и утверждением документов, в которых изложены результаты работ соответствующей стадии.

Установлен следующий типовой состав стадий создания САПР и их подсистем: предпроектные исследования (ПИ); техническое задание (ТЗ); техническое предложение (П); эскизный

проект (Э); технический проект (Т); рабочий проект (Р); монтаж, отладка, испытание (И); ввод в действие (ВД).

Типовая модель процесса создания САПР представляет упорядоченное во времени множество организационных и технических работ, сгруппированных по стадиям создания систем.

Формирование систем структуры процесса создания САПР конкретных объектов состоит из нескольких стадий.

**Предпроектный период.** Для определения объема работ по созданию САПР в предпроектный период осуществляется сбор и анализ данных о внешних связях предприятия, обслуживание предприятия и разработка исходных требований для создания САПР, вносимых в ТЗ на систему.

Задачами обследования являются: определение типов изделий, проектируемых на предприятии, для которых создается САПР; определение технических средств для создания САПР: ЭВМ больших и средних, текстовых и графических дисплеев, графопостроителей, планшетов кодирования; анализ степени готовности производственного коллектива к созданию САПР и использованию результатов машинного проектирования; определение экономической целесообразности создания САПР для данного предприятия и конкретного вида изделий.

**Моделирование процессов автоматизированного проектирования.** Процессы проектирования (ПП) можно моделировать многоэтапным процессом (рис. 47).



Рис. 47. Общие модели автоматизированного проектирования

Реализация проекта САПР заключается в изготовлении комплекса средств и передаче САПР проектировщикам. Важнейшее значение при вводе в действие САПР приобретают: полнота и доступность документирования системы; обучение специалистов проектированию в САПР; опытное функционирование с целью определения надежности системы, удобства взаимодействия с ней, полноты решаемых задач; определение технико-экономической эффективности системы; проведение приемочных испытаний.

**Математическое обеспечение САПР. Моделирование объектов проектирования.** Для составления моделей объектов проектирования используют два подхода: физический и формальный.

Физический подход сводится к непосредственному применению физических законов для описания объектов проектирования. Формальный подход опирается на общие математические принципы.

Для составления моделей объектов проектирования экспериментальным путем используют методы статистической обработки данных испытаний. Среди статистических методов моделирования распространен аппарат факторного анализа. В соответствии с этим методом выходные величины математической модели объекта проектирования представляются уравнениями регрессии. При конструировании моделей объектов проектирования учитывают: точность, универсальность и экономичность.

### § 3. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Задачи целенаправленного проектирования делят на три взаимосвязанные группы: выбор принципиальных решений; выбор конструктивных параметров; выбор управляющих воздействий в процессе функционирования. Задачи управления временными процессами вырождаются в задачи оптимизации параметров, и все три группы задач проектирования сходные в математической формулировке, что позволяет унифицировать математические аппараты решения.

Методы математического программирования позволяют строить алгоритмы поиска членения численных решений задач, которые реализуются с помощью ЭВМ. Методы оптимального проектирования осуществляются в соответствии с рисунком 48.

Конечной целью алгоритмов оптимизации параметров является отыскание глобального оптимума, которому предшествует поиск локального оптимума. Поиск глобального оптимума осуществляется по блок-схеме (рис. 49).

Алгоритмы многокритериального поиска включают следующие составные части: алгоритмы однокритериальной оптимизации

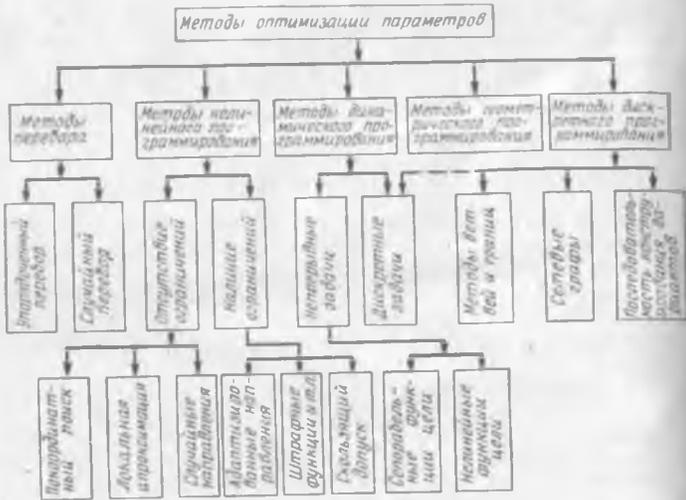


Рис. 48. Методы оптимального проектирования

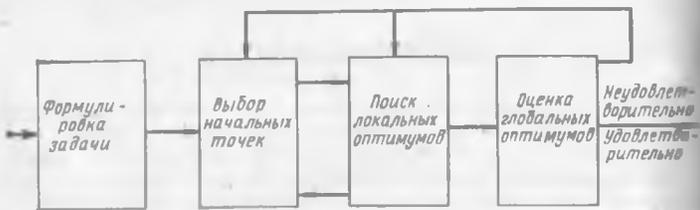


Рис. 49. Блок-схема процесса глобальной оптимизации

ции; алгоритмы формирования единого общего критерия; алгоритмы раскрытия неопределенностей на множестве неулучшаемых решений.

#### § 4. ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САПР

**Требования к техническим средствам САПР.** САПР опирается на комплекс технических средств, проводящих разнообразные расчеты и представляющих их в форме, удобной для технолога. Используемые в САПР ЭВМ должны отвечать следующим пока-

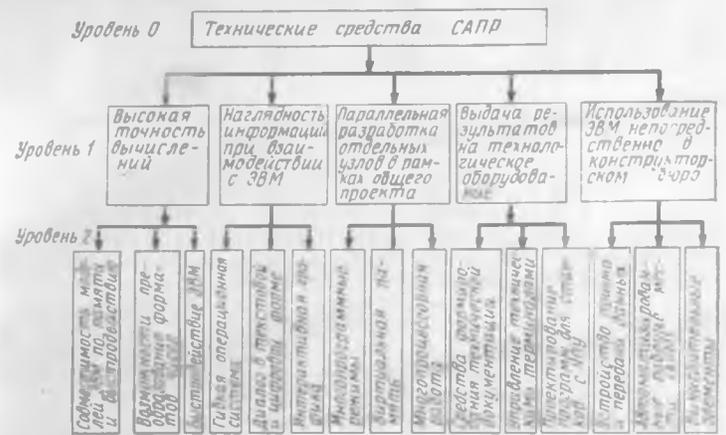


Рис. 50. Классификация требований к техническим средствам САПР

зателям: эффективности, универсальности, совместимости и надежности. Основная задача технических средств САПР — организовать оперативный обмен информацией проектировщика с ЭВМ.

На рисунке 50 представлена двухуровневая классификация требований к техническим средствам и режимам их работы в САПР. Реализация требований к техническим средствам САПР имеет свои особенности для одноуровневых и многоуровневых комплексов.

**Одноуровневые комплексы технических средств САПР.** При одноуровневом построении технического обеспечения САПР все вычислительные работы, а также редактирование документации сосредоточены в одной ЭВМ. Технические возможности ее достигаются программным, аппаратным и комплексным методами.

Программная реализация требований к САПР является наиболее гибкой, оперативно отвечающей на все текущие изменения. Программа может многократно модифицироваться. Аппаратным методом реализуются наиболее устойчивые технические решения, отражающие требования к САПР. Комплексный метод — сочетание программных и аппаратных решений.

**Организация ввода—вывода информации в современных ЭВМ** осуществляется специальными программными и аппаратными средствами, образующими канал ввода—вывода. Широкие возможности передачи информации используются при со-

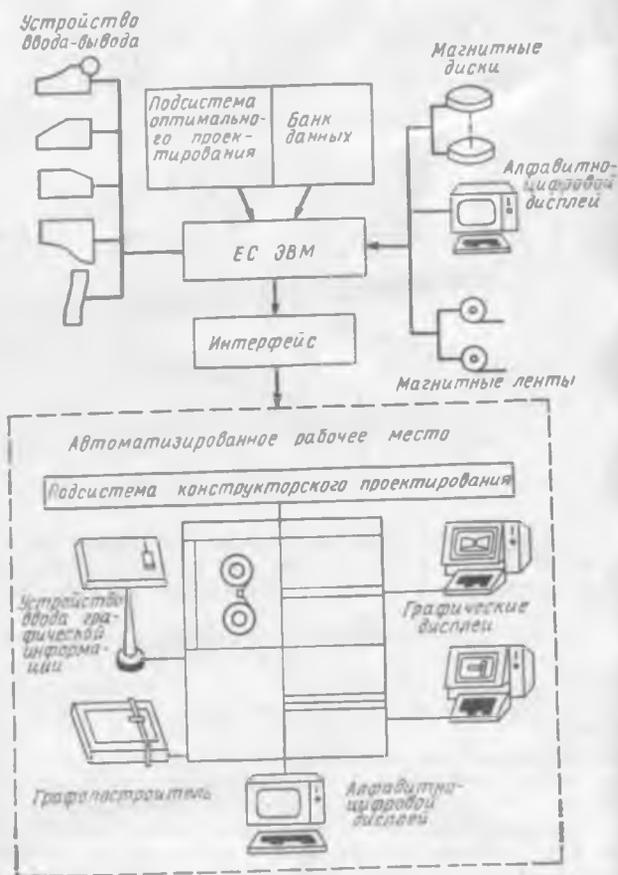


Рис. 51. Двухуровневая структура технических средств САПР

здании диалоговых систем «проектировщик — ЭВМ». Взаимодействие таких систем с инженером осуществляется через терминальные устройства: текстовый и графический дисплеи, кодирующая графической информации и графопостроитель.

Кодировщик представляет собой устройство для ввода чертежей в память машины. Дисплей — это электронно-лучевая

трубка (ЭЛТ), на которой высвечивается литотекст, литографическое изображение. Графопостроитель, или плоттер, является устройством ввода графической информации технических чертежей, номограмм.

Многоуровневые комплексы технических средств САПР. САПР предусматривает предоставление каждому проектировщику возможности взаимодействия с ЭВМ, обработку технической информации непосредственно на рабочих местах. С этой целью терминальные устройства снабжаются мини- и микроЭВМ, имеющими специальное математическое обеспечение (интеллектуальные терминалы). Они соединяются с ЭВМ высокой производительности с помощью специальных или обычных телефонных каналов.

На терминальных ЭВМ осуществляется ввод, редактирование данных, а также вычисления, требующие небольших объемов оперативной памяти, поиск справочных данных, проектных решений в локальных узкоспециализированных банках данных. Удельные терминалы образуются абонентскими пунктами (АП).

Удаленными терминалами являются технические комплексы АРМ (автоматизированное рабочее место). АРМ строится на базе управляющей мини-ЭВМ, снабженной графическими устройствами ввода — вывода информации. Структура двухуровневого технического комплекса САПР, включающего АРМ, представлена на рисунке 51.

## § 5. ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САПР

**Структура программного обеспечения.** Программное обеспечение САПР включает компоненты общего и специального назначения.

К первому относятся совокупность управляющих и обрабатывающих программ, обеспечивающих организацию и контроль вычислительного процесса, автоматизацию этапов подготовки и отладки программ. Вторые содержат совокупность целевых программных систем, по которым реализуются различные этапы автоматизированного процесса проектирования.

Специальное программное обеспечение САПР используется для решения конкретных задач проектирования, т. е. построение математических моделей технических объектов и их частей; проведение оптимизационных расчетов; проведение конструкторских расчетов; ввод и отображение буквенно-числовой (документы) и нечисловой (графической) информации; подготовка носителей для автоматизации технологических процессов.

**Создание программного обеспечения.** Одним из главных этапов построения САПР является создание специального программного обеспечения (СПО). Программные средства САПР образуются

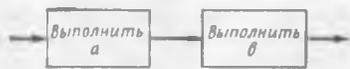


Рис. 52. Последовательная структура

ются из различных видов программной продукции: программа, программный модуль, пакеты прикладных программ (ППП), программная система (ПС).

Под программой понимают последовательность команд, написанных на каком-либо языке, которые должны быть выполнены ЭВМ для реализации некоторой прикладной задачи или функции.

Программный модуль описывает некоторую элементарную функцию и обычно используется для конструирования ППП.

Пакет прикладных программ представляет совокупность программ и модулей, снабженных системными и языковыми средствами и используемых как инструмент для издания на его основе ПС.

Программной системой принято называть совокупность взаимосвязанных системных и прикладных программ, программных модулей и ППП, готовую к непосредственному выполнению и обеспечивающую режим крупных технико-организационных функций подсистемы САПР.

При создании СПО САПР большое внимание уделяется технологии программирования: модульное, структурное,  $R$  — технология.

Модульное программирование состоит в разделении сложной программы на простые объекты — программные модули и последующем синтезе ПС из необходимых модулей. Технология структурного программирования представляет собой форму структурирования программ и данных с целью создания ясных для понимания программ.

Логическая структура программы может быть выражена как комбинация трех основных структур: следование, разветвление, цикл (рис. 52, 53, 54).

Структуры: следование, разветвление, цикл являются элементарными блоками, из которых можно построить логику любой программы.

$R$  — технология программирования — предназначена для повышения производительности труда программистов, создающих программные комплексы (пакеты САПР).

**Построение пакетов прикладных программ (ППП).** Высокий уровень автоматизации основных этапов решения задач в САПР достигается путем использования ППП. Особенности ППП являются: ориентация на конкретный класс задач, определяемых предметной областью пакета; наличие средств настройки пакета на требуемый вариант работы; уменьшение требований к

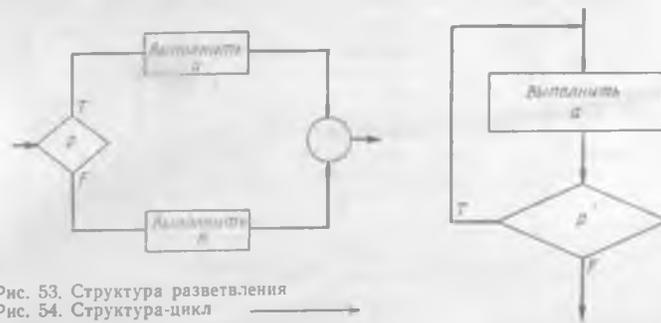


Рис. 53. Структура разветвления

Рис. 54. Структура-цикл

пользователю в области программирования; возможность работы пользователя на входных языках, близких к профессиональным.

В ППП различают системное и проблемное обеспечение. Системным программным обеспечением ППП обычно называют комплекс программ, организующих выполнение последовательности программ, обмен данными между ними, ввод, вывод и хранение. Проблемным программным обеспечением ППП является комплекс-программа прикладного характера, предназначенная непосредственно для реализации решения задачи САПР.

Со структурной точки зрения можно выделить следующие составляющие ППП: монитор пакета, библиотеку программных модулей, процессор с входного языка, сервисные средства пакета.

ППП могут иметь специализированные или универсальные мониторы. Специализированный монитор в зависимости от исходных данных реализует один из заранее определенных путей расчета. Универсальный монитор сам строит последовательность программных модулей.

Библиотека программных модулей содержит законченные фрагменты алгоритмов, с помощью которых реализуются различные методы решения задач данного класса. Различные сервисные средства ППП предназначены для обеспечения таких функций, как ввод данных в удобной форме, вывод результатов в специальной форме (на дисплее, графопостроителе), накопление опыта работы.

Общая структура ППП для задач САПР представлена на рисунке 55. Входной язык, используемый пользователями САПР, представляет последовательность простых операторов. Управляющая программа монитора планирует последовательность выполнения программных модулей и организует выполнение программы, обеспечивая их правильное взаимодействие.

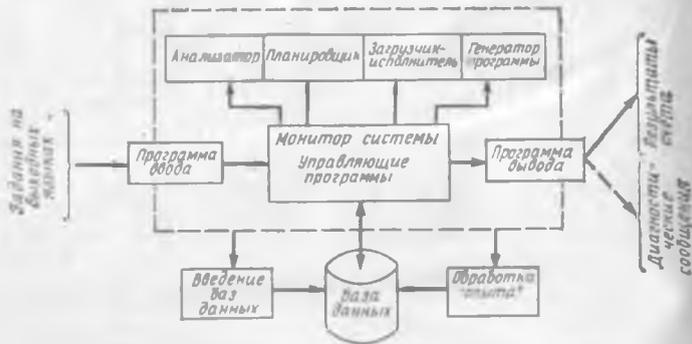


Рис. 55. Общая архитектура ППП

Для сопряжения пакетов, ориентированных на решение задач в различных подсистемах САПР, применяются программы интерфейса. При создании САПР используются готовые стандартные пакеты программ, имеющиеся в архиве данной ЭВМ, или разрабатываются новые пакеты, которые должны быть согласованы с общей архитектурой программного обеспечения конкретной САПР.

**Программирование диалоговых режимов САПР.** Эффективность применения САПР в большой мере зависит от взаимодействия проектировщика с ЭВМ. Пакетный режим позволяет эффективно использовать режимы машины. Несколько пользователей — проектировщиков (расчетчики, технологи, конструкторы) одновременно имеют доступ к ресурсам ЭВМ. Общение проектировщика с ЭВМ в диалоговом режиме происходит на базе различных входных языков через соответствующее терминальное устройство — АП (абонентный пункт).

Диалоговые системы САПР предназначены для использования многими пользователями, решающими задачи из различных областей. Решение задач в конкретных областях реализуется специальными проблемно-ориентированными подсистемами (ПОП).

**Программная документация.** Особенности использования САПР заключаются в расширении круга пользователей, не являющихся профессиональными программистами, и активном применении пользователями программных средств для решения системных и прикладных задач и использовании специальной аппаратурой (графопостроители, дисплей и т. д.).

Согласно стандартам программная документация должна

состоять из спецификации, технических условий, текстов программ, их описаний, технического задания, пояснительной записки, ведомости эксплуатационных документов, формуляра, общего описания, ряда руководств (системного программиста, прикладного программиста, оператора). Наиболее перспективным подходом к созданию программной документации являются методы моделей документа.

## § 6. ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САПР

**Основные понятия.** Процесс проектирования сводится к организационной последовательности преобразования информации. Исходная (входная) информация включает: стандарты, нормы, каталоги комплектующих изделий и материалов, методики проектирования, сведения, содержащиеся в техническом задании, результаты предпроектных исследований и т. п. Исходная информация группируется по классам: информация справочного характера (стандарты, каталоги, справочники, книги, отчеты и т. д.); данные прототипов объектов проектирования; методики проектирования; специфические условия и требования к конкретному объекту проектирования.

Выходная информация охватывает все данные проекта, полученные на промежуточных и конечных этапах проектирования.

Таким образом, как источники, так и потребители проектной информации функционируют на двух уровнях: первый (стратегический) — предназначен для принятия принципиальных решений; второй (тактический) — предназначен для принятия оперативных решений в процессе разработки.

Информационный фонд САПР имеет машинную и немашинную части. Совокупность организационных данных вне ЭВМ называют справочно-информационным фондом (СИФ). Совокупность информационных данных САПР на машинных носителях называют информационной базой данных (ИБД). В целом САПР можно рассматривать как информационную систему, которая позволяет запоминать необходимую проектную информацию в специально организованном информационном фонде на машинных носителях, вносить изменения и выводить информацию на запросы пользователей-проектировщиков, принимающих решения в процессе проектирования.

**Основные структуры информационного фонда САПР.** Информационный фонд САПР представляет собой информационные модели проектируемых объектов и различную справочную информацию, пользуясь которыми, инженеры-проектировщики могут моделировать различные условия и ситуации для принятия решений, а также получать необходимую проектную документацию.

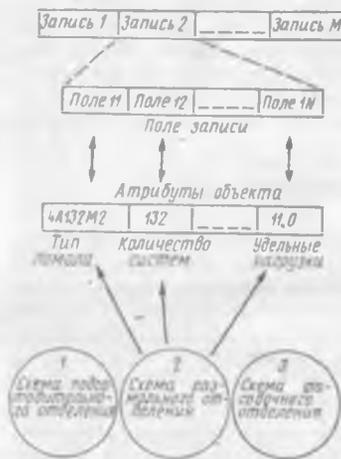


Рис. 56. Соответствие между атрибутами объектов и полями записей

В информационном плане объекты проектирования в САПР характеризуются параметрами-атрибутами. Атрибуты принимают значения: численные, буквенные, логические и т. п. Основными структурными элементами информационного фонда являются записи и наборы записей.

Запись состоит из отдельных полей, в которых проставляются соответствующие значения атрибутов объекта. Запись является простейшей информационной моделью объекта, ха-

рактеризуемой набором его атрибутов. Совокупность записей-файл соответствует множеству объектов проектирования (рис. 56). Файлы обычно располагаются во внешней памяти ЭВМ. В процессе получения информации для принятия решений устанавливаются связи между полями различных записей или файлов. Набор памяти, позволяющий определить логическую организацию данных, называют моделью данных (МД) или концептуальной моделью данных (КМД). Многоуровневые модели данных организуются тремя структурами: иерархической, сетевой и реляционной.

В иерархической МД реализуются структуры типа дерева, где связи между характеристиками (атрибутами) одного объекта организуются так, что каждый элемент структуры имеет один «вход» и несколько «выходов». Такие отношения называют отношениями типа 1:n. Если в базе необходимо указать иерархические связи между элементами различных объектов, то организуются совокупности деревьев — лес. Сетевые МД характерны тем, что любой элемент сети может быть связан с любым числом «входов» и «выходов». Такие отношения называют отношениями m:n.

Реляционные модели данных сводятся к следующему. Имеется ряд множеств  $A_1, A_2, \dots, A_n$ , содержащих элементы, которые могут быть атрибутами модели проектируемого объекта. Между множествами введены определенные отношения. Реляционные модели данных представляются множеством отношений. Реля-

ционная модель данных позволяет производить формальный анализ структуры информационного фонда и выполнять соответствующие операции.

**Файловые информационные структуры.** Основными структурными элементами информационного фонда являются записи и наборы записей. Запись состоит из отдельных полей, в которых проставляются соответствующие значения атрибутов объекта, т. е. запись является простейшей информационной моделью объекта, характеризуемой набором его атрибутов. Совокупность записей-файл соответствует множеству объектов проектирования.

При разработке САПР создают отдельные автономные подсистемы, использующие файловые информационные структуры. Файлы располагают на томах. Томом называют физическую единицу, используемую для хранения информации (магнитная лента, магнитный барабан, пакет магнитных дисков). Под файловой системой понимают совокупность файлов и программ управления файлами.

## § 7. АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ БАНКИ ДАННЫХ (АБД) САПР

АБД представляют собой человеко-машинную систему, включающую специальные структуры организации информации, алгоритмы, специализированные языки и административный персонал. В совокупности они обеспечивают создание и эксплуатацию эффективных систем накопления информации, поступающей от нескольких источников, ее обновление, корректировку, многоцелевое использование в различных подсистемах проектирования, а также прямую связь с пользователем для получения ответов на произвольные вопросы.

Для создания АБД и работы с ними необходимо соответствующее оборудование, программные средства и данные, из которых формируется информационный фонд банка. Схема взаимодействия пользователей с АБД приведена на рисунке 57.

АБД может функционировать в режиме генерации базы данных и в режиме эксплуатации (использования и обслуживания). В обеспечении этих режимов участвует администрация АБД, пользователи и прикладные программисты. Для работы в режиме генерации и эксплуатации АБД используются различные языковые средства: язык описания схемы данных, язык описания подсхем, язык манипулирования данными, язык описания физических данных, язык обслуживания. При использовании АБД в режиме эксплуатации пользователь САПР задает подсхему, которая выдает необходимое прикладной программе подмножество данных.

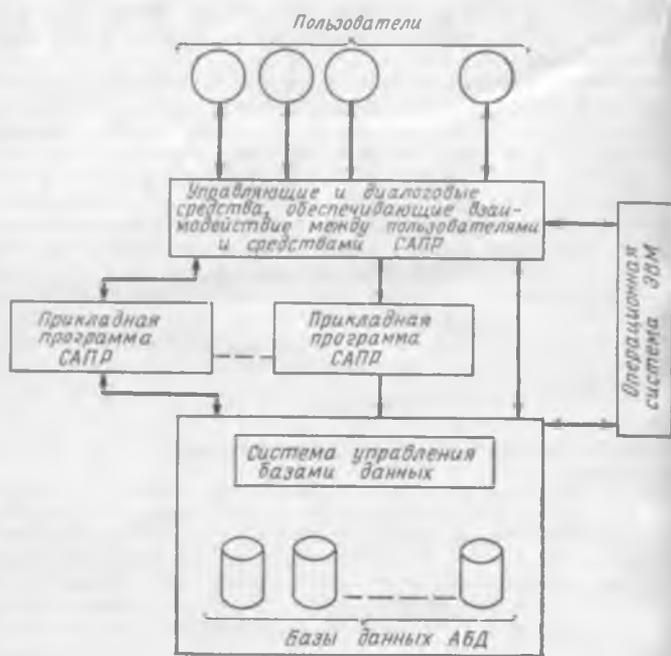


Рис. 57. Схема взаимодействия пользователей с АБД

## § 8. ОРГАНИЗАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САПР

Организационное обеспечение рассматривается в четырех аспектах: организационное обеспечение САПР, представляющее совокупность компонентов (положений, должностных инструкций, штатных расписаний и др. документов), регламентирующих организационную структуру, функции подразделений и порядок их взаимодействия в условиях функционирования САПР; деятельность по организации создания и развития САПР в проектной организации, деятельность по организации создания САПР на отраслевом уровне; деятельность по организации создания САПР отрасли. Организационное обеспечение САПР во многом определяется составом и функциями взаимодействующих при автоматизированном проектировании подразделений в конкретной проектной организации.

В зависимости от выполняемых функций в САПР специалистов делают на три группы: проектирующая, обеспечивающая и организующая. В проектирующую группу входят проектировщики, непосредственно осуществляющие проектные процедуры и операции при взаимодействии с КСАП. Основными функциями группы являются: информационное обслуживание — накопление, хранение, изменение информации на машинных носителях; обслуживание и поддержание работоспособности компонентов технического, программного и информационного обеспечения и КСАП в целом; хранение и размножение проектно-конструкторской документации на машинных носителях.

Организирующая группа включает специалистов, осуществляющих функции по организации и управлению созданием и развития САПР. Обеспечивающие и организующие группы специалистов, которые характерны для автоматизированной формы организации проектирования, требуют создания новых, не свойственных традиционным формам подразделений как на уровне проектной организации, так и на отраслевом и межотраслевом уровнях.

## § 9. СОЗДАНИЕ САПР В ПРОЕКТНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ

Создание и развитие САПР и их подсистем осуществляет сама проектная организация. В каждой организации, проектирующей определенный тип технических устройств, существуют свои методы и приемы (школы) проектирования. Никто, кроме самих проектировщиков, не сможет формализовать процесс проектирования объекта и разработать соответствующие алгоритмы.

При создании САПР заказчик предъявляет разработчику требования к системе; осуществляет финансирование работ по созданию САПР; обеспечивает утверждение ТЗ и согласовывает проектную документацию на создание САПР; осуществляет совместно с разработчиком и пользователем приемку САПР.

При создании САПР разработчик проводит предпроектное обследование проектной организации — пользователя; разрабатывает ТЗ на создание САПР; разрабатывает проектную документацию на компоненты САПР; участвует в приемочных испытаниях САПР; осуществляет авторский надзор. При создании САПР пользователь подготавливает и представляет разработчику необходимую для создания САПР информацию и документацию; реализует привязку типовых комплексов средств и компонентов САПР к своим условиям; осуществляет подготовку информации, необходимой для функционирования САПР и ее перевод на машинные носители; готовит предложения по совершенствованию и развитию системы.

#### Основные функции службы САПР:

1. В предпроектный период:
    - участвует в проведении предпроектного обследования организации;
    - участвует в подготовке ТЭО создания САПР;
    - обеспечивает подготовку и представляет разработчику необходимую для создания САПР информацию;
    - обеспечивает оформление необходимых договоров.
  2. При проектировании КСАП:
    - обеспечивает утверждение ТЗ на создание САПР;
    - принимает участие в подготовке плана-графика создания САПР;
    - обеспечивает составление заказной документации на необходимую технику.
  3. При вводе САПР в действие:
    - контролирует и обеспечивает проведение необходимых для функционирования САПР работ;
    - обеспечивает заключение договоров на разработку необходимой проектно-организационной документации.
  4. При функционировании САПР:
    - осуществляет техническое обеспечение функционирования САПР;
    - ведет архив технической документации САПР;
    - осуществляет методическое руководство подразделениями по вопросам САПР.
- Состав структурных подразделений САПР:  
организационно-методического обеспечения;  
разработки и развития компонентов САПР;  
технического обслуживания и эксплуатации;  
ведения архива;  
организации и координации работ по созданию и развитию САПР.
- Организация создания САПР на отраслевом уровне.** Министерство (ведомство) назначает из числа ведущих организаций головную по САПР в отрасли. Головная организация по САПР проводит следующие работы: осуществляет единую техническую политику по созданию САПР в организациях отрасли; планирует, координирует все работы по созданию САПР в организациях отрасли; организует создание и развитие фонда компонентов САПР с целью их дальнейшего тиражирования. Функции службы САПР: изучение, анализ и обобщение отечественного и зарубежного опыта создания и функционирования САПР.
- Интерактивные методы в САПР.** Схемы интерактивного взаимодействия проектировщика с вычислительной системой весьма разнообразны. Решение задач проектирования с использованием ЭВМ в интерактивном режиме можно представить в виде мно-

гоэтапного циклического процесса, включающего: математическую постановку задачи (создание математической модели); разработку конструктивного метода решения; выполнение вариантовных расчетов по готовым программам.

**Математическая постановка задачи.** На этом этапе определяются цели, задачи, ограничения, входные и выходные данные, варьируемые параметры.

**Разработка конструктивного метода решения.** Планируя порядок проектирования, можно выбрать один из известных методов и составить собственный алгоритм. Осуществляя расчет в интерактивном режиме, проектировщик может контролировать ход расчетов, устранять аварийные ситуации и направлять алгоритм в соответствии со сложившейся обстановкой.

**Интерактивная графика.** Программное обеспечение графических систем (графических дисплеев и графопостроителей) строится в форме трехуровневой иерархической структуры. Первый — аппаратно-ориентировочный включает программы вычерчивания линий и символов чертежа, записанные в командах управления графопостроителя.

Второй уровень — функциональное программное обеспечение включает комплекс программ универсального характера.

Третий уровень охватывает проблемно-ориентировочные программы, позволяющие осуществлять конструкторские расчеты с вычерчиванием на графопостроителе (или на экране дисплея) результатов проектирования.

**Интерактивная многокритериальная оптимизация.** Основой автоматизированных процедур поиска оптимальных вариантов являются алгоритмы сравнения и выбора решений, учитывающих информацию, поступающих в процессе расчетов от проектировщика. В интерактивном режиме могут решаться вопросы формализации критериев оптимальности и формирования компромиссов при наличии нескольких критериев оптимальности. Особое значение формализация критериев и уточнение модели приобретают в тех случаях, когда некоторые из варьируемых параметров носят не количественный, а качественный характер.

Интерактивная оптимизация охватывает следующие особенности математической модели проектируемого объекта: многокритериальность задачи; наличие в модели нечисловых варьирующихся признаков, нечисловых ограничений, удовлетворяющих лишь определенные сочетания параметров; взаимозависимость отдельных параметров; различный уровень формализации критериев. Основной целью интерактивного проектирования является сокращение числа циклов (итераций) при поиске решений.

## § 10. СИСТЕМА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЗЕРНОПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ

В основу создания САПР должны быть положены методы системно-структурного моделирования предприятий отрасли хлебопродуктов и процессов их проектирования, а также математические модели, алгоритмы и программы поиска эффективных решений технологии.

Математические модели и алгоритмы поиска эффективных проектных решений технологии предприятий отрасли хлебопродуктов позволяют учесть реальные условия технологического процесса, их многотипность и довести до инженерных расчетов на ЭВМ. Задачи проектирования технологии зерноперерабатывающих предприятий, как правило, существенно многомерны, нелинейны, многоэкстремальны и сложным образом взаимосвязаны.

Проектирование выполняют в определенной последовательности — по стадиям. Стадии проекта определяют последовательность его разработки и отличаются степенью детализации проектных решений. Вначале решают основные вопросы по проектированию технологического процесса. Отбрав лучший из вариантов проектного решения, постепенно детализируют отдельные части проекта. В исследованиях и анализе различных процессов, технологических схем, результатов работы используют системный подход.

Системный подход — теоретическое обсуждение методов и принципов исследования объектов как систем, т. е. как целостных множеств взаимосвязанных объектов.

Предприятия по хранению и переработке зерна и их компоненты относят к числу сложных. Они характеризуются большим числом элементов, сложными и пространственно-временными связями, зависимостью общих свойств объекта не только от свойств составляющих его элементов, но и от характера связей между ними. Например, в производственном процессе мукомольного завода участвуют несколько типов различных машин, причем зерно на предприятии средней мощности проходит путь до 5 км с момента приемки в элеватор до выпуска в виде муки. Современные мукомольные заводы характеризуются большой энерговооруженностью (на производственного рабочего — 8...10 кВт). Производственный процесс механизирован и непрерывен. Суммарный расход энергии достигает десятков млн. кВт·ч в год.

Более сложными являются процессы проектирования зерноперерабатывающих предприятий, которые состоят из большого

числа взаимосвязанных проектных операций, осуществляющих поиск, анализ, синтез, оценку, оптимизацию и выбор проектных решений на различных стадиях проектирования. В традиционных методах изучения и формализации предприятий и процесса их проектирования основное внимание уделяется качественному и количественному описанию свойств объектов и их компонентов, что не позволяет строить адекватные, коррективные модели, отображающие связи объектов с окружающей средой, их функцию и многоуровневую структуру. В то же время указанные характеристики оказывают решающее влияние на вид и структуру алгоритмов процессов проектирования.

В отличие от традиционных методов формализации системный подход исходит из того, что специфика сложных объектов и процессов проектирования не исчерпывается свойствами составляющих их элементов, а обусловлена характером связей и отношений между элементами.

Укрупненная схема всего процесса проектирования предприятий отрасли хлебопродуктов включает в себя решение следующих основных вопросов: разработка и выдача задания на проектирование; уяснение и уточнение цели и функции проектируемой схемы; разработка принципиальных решений, выбор целесообразных вариантов проектирования, отбор и фиксация параметров, выдача проекта и сметно-финансовых расчетов, авторский надзор.

Каждая из этих задач представляет собой систему, которую можно расчленить до элементарных блоков системы. Например, подсистему «Разработка принципиальных решений» можно подразделить на следующие элементарные блоки, как определение эксплуатационных, технических характеристик, увязка и учет местных топогеодезических и геологических условий, учет условий строительства и местности и т. п.

Таким образом, процесс проектирования синтезируется по частям и компоненты системы также являются системами. Предприятия отрасли хлебопродуктов можно синтезировать, так как их элементы оцениваются количественно и качественно.

Формализованный математически жизненный цикл (ЖЦ) объектов есть пятерка компонентов:

$$ЖЦ = \langle N, NP, P, C, Э \rangle,$$

где  $N$  — научные исследования;  $NP$  — начало разработки;  $P$  — проектирование;  $C$  — строительство;  $Э$  — эксплуатация.

В свою очередь, время создания предприятий отрасли хлебопродуктов состоит из следующих компонентов:

$$T_2 = \langle T_0, T^1, T^2, T^3 \rangle,$$

где  $T_0$  — начало разработки;  $T^1$  — научные исследования;  $T^2$  — время на проектирование;  $T^3$  — время строительства.

Характеристика предприятия — эффективность, есть четверка компонентов:

$$X_2 = \langle a_i; T_i; x_i; u_i(t) \rangle,$$

где  $a_i$  — стоимость разработки;  $T_i$  — время создания предприятия (жизненный цикл);  $x_i$  — рекордные характеристики;  $u_i(t)$  — количество ресурсов, необходимых для создания  $i$ -той разработки.

Для решения формализованной задачи рассматриваются следующие оптимизационные задачи с учетом возникающих целей:

1. Минимизировать время разработки предприятий

$$T_2 \rightarrow \min;$$

2. Максимизировать эффективность системы

$$\sum x_i \rightarrow \max;$$

3. Минимизировать стоимость разработки

$$\sum a_i \rightarrow \min;$$

4. Максимизировать меру оптимальности проекта

$$E = (z_2 - z_1)/u^p_1 + u_1(t) + u^p_1(t) > 1.$$

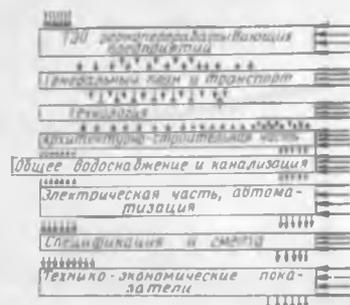
Системное проектирование зерноперерабатывающих предприятий ведет к рассмотрению в процессе проектирования следующих взаимосвязанных проектируемых подсистем, которые могут рассматриваться так же, как инвариантные: технико-экономическое обоснование целесообразности строительства (динамическое проектирование); генеральный план и транспорт; технология, архитектурно-строительная часть; инженерные коммуникации; организация строительства; проектно-сметная документация.

Для успешного решения этого комплекса задач при проектировании необходимо рассмотреть информационные потоки — исходная информация, необходимая для решения каждой задачи в отдельности, циркулирующие между основными блоками (этапами) проектирования. Информационная модель раскрывает информационные потоки, возникающие в процессе поиска оптимальных проектных решений.

Информационная модель изображается в виде блок-схемы, где блоками служат определенные на структурной модели отдельные элементы системы, а связи отражают наличие информационных потоков между выделенными блоками (элементами). Построенная информационная модель позволяет перейти к разработке информационно-поисковой системы базы (банка) данных САПР предприятий отрасли хлебопродуктов.

Информационная модель процессов проектирования зерноперерабатывающих предприятий представлена на рисунке 58.

Рис. 58. Информационная модель процессов проектирования зерноперерабатывающих предприятий



В самом общем случае процесс проектирования зерноперерабатывающих предприятий можно представить в виде серии строений некоторых цепочек моделей, в которых каждая следующая является реализацией предыдущих. Обычно в начале цепочки рассматриваются алгебраические модели, затем динамические и, наконец, окончательный результат представляется в виде структурной модели.

Взаимосвязь проектируемой системы — зерноперерабатывающие предприятия и САПР — проектирующая система, которую можно определить пятеркой компонентов:

$$Z = \langle H, V, S, F, L \rangle,$$

где  $H$  — связь системы с окружающей средой;  $V$  — история функционирования и развития системы (состояние системы);  $S$  — структура системы;  $F$  — функциональные характеристики системы;  $L$  — совокупность функциональных и структурных свойств системы.

Выше приведенные компоненты являются по существу системными.

Функциональная модель процессов системного проектирования технологической части зерноперерабатывающих предприятий включает важнейшие блоки, которые тесно взаимосвязаны между собой. Объединение отдельных блоков говорит о необходимости их совместного решения. Структура блоков является иерархической. В свою очередь, информация от нижних блоков по обратной связи передается в верхние для корректировки.

Система технологического проектирования включает следующие функциональные блоки:

- $B_0$  — задание на проектирование (блоки постановки);
- $B_1$  — информационный блок;
- $B_2$  — выбор технологической схемы (формирование схемы технологического процесса);
- $B_3$  — расчетный блок;
- $B_4$  — технологическая компоновка (расчет и выбор основного технологического оборудования);
- $B_5$  — конструирование;
- $B_6$  — трассировка коммуникационных сетей;

$B_7$  — описание геометрии объекта.

В блоке постановки задач  $B_0$  сформирован весь набор проектных работ. В этом блоке формируется код решаемой задачи и передается в конкретный функциональный блок. В информационном блоке  $B_1$  хранится и осуществляется поиск информации для конкретной задачи технологического проектирования.

В блоке  $B_2$  осуществляется выбор принципиальной схемы технологического процесса с учетом оценок прототипов основных производств. Далее принципиальная схема поступает в расчетный блок  $B_3$ , где производится расчет и выбор основного технологического оборудования. Потом включается в работу блок компоновки  $B_4$ , который разрабатывает варианты принципиальной схемы компоновки оборудования. Здесь же производятся оптимизация компоновки технологического оборудования и изменение исходной компоновки оборудования для объемно-планировочного решения.

В блоке конструирования  $B_5$  составляется задание и производится оптимизация схемы и конструирование транспортно-технологического оборудования (нории). Далее в блоке  $B_6$  осуществляется трассировка аспирационных и пневматических сетей с выбором места установки.

Все результаты верхних блоков поступают в блок геометрического проектирования  $B_7$ , где разрабатываются топологические модели представления технологических схем, компоновки, трассировки сетей. Они служат для подготовки цифровой модели объектов для их кодирования и ввода в ЭВМ.

Далее разработанные цифровые модели объектов вводятся в блок графического вывода технологической документации, где происходит машинный синтез чертежей технологических схем, компоновок транспортно-технологического оборудования. Каждая из перечисленных задач является специализированной и ее информационная стыковка необходима только с соответствующей задачей проектирующей подсистемы, а выходная информация имеет выход в блок оценки  $B_{10}$  и стоимости  $B_9$  (смета).

Все результаты работы блоков передаются в блок вывода готового проекта технологической части  $B_{11}$ , где чертежи анализируются технологом-проектировщиком, и процесс повторяется с введением нового задания на проектирование технологической части зерноперерабатывающих предприятий.

Автоматизация описанного процесса функционирования блоков достигается на основе алгоритмического подхода, охватывающего все этапы проектного процесса технологии.

В системе «Задание на проектирование» решаются задачи: выбор технологической схемы; расчетные задачи; объемная компоновка технологического оборудования; задачи конструирования; трассировка сетей технологического процесса; геометриче-

ское проектирование; оценка; стоимость; задачи графического вывода; проектно-сметная документация. Функциональные алгоритмы: алгоритмы проектирования технологической схемы, объемной компоновки; расчета технологического процесса; геометрического проектирования; трассировки сетей; оценки; расчета стоимости, алгоритма графического вывода чертежей.

Описание технологической схемы (ТС) любой системы состоит из описания: входных и выходных материальных (и не материальных) потоков системы; элементов системы (подсистемы); материальных потоков между подсистемами. Задача оптимального проектирования ТС может быть поставлена как задача оптимизации данной ТС или как задача ее оптимального выбора.

Задача синтеза схемы состоит в выборе структуры технологических связей, значений нормативов схемы и параметров технологических элементов схемы, исходя из заданных свойств и показателей эффективности функционирования схемы, имеющих оптимальные, в некотором смысле, значения. Задачи анализа схемы — это изучение свойств и эффективности функционирования схемы в зависимости от структуры технологических связей между элементами и подсистемами, а также в зависимости от конструктивных и технологических параметров и от параметров технологических режимов элементов схемы.

Задачи синтеза и анализа каждого возможного альтернативного варианта проектируемой схемы решают в следующей последовательности:

1. Выбор определенного типа элементов схемы в соответствии с заданной целью функционирования схемы;
2. Разработка технологической схемы, которая удовлетворяет требованиям критерия оптимизации функционирования схемы;
3. Согласование параметров технологических потоков и нахождение количественно-качественных балансов на элементы схемы;
4. Составление символических математических моделей элементов схемы;
5. Определение технологических и конструктивных параметров элементов схемы;
6. Разработка оптимальной стратегии решения задачи анализа функционирования или полного расчета схемы.

В информации о схеме могут присутствовать также сведения об общей длине вальцовой линии, площади просеивающей поверхности и, возможно, сведения о длине вальцовой линии и просеивающей поверхности по участкам, системам схемы.

Одной из главных задач при проектировании является задача компоновки. Наличие формализованных алгоритмов позволяет эффективно решить эту задачу с применением ЭВМ. В дан-

ном случае возникает необходимость компоновки оборудования трехмерной области, так как попытки сведения объемной задачи компоновки к плоскостной не дают желаемого результата. Назначение «технологическая компоновка» указывает на тесную взаимосвязь технологии производства и расположения оборудования.

Исходными данными в задаче компоновки предприятий отрасли хлебопродуктов являются: описание оборудования, описание коммуникаций, схема технологического процесса, параметры для учета ограничений, параметры для оценки качества компоновки. При компоновке требуется определить габариты и взаимное расположение зданий, расположить технологическое оборудование в строительной сетке, расположив оперативные бункера в строительной сетке, построить разветвленную систему технологических коммуникаций.

Особые требования к построению системы транспортирования:

1. Система транспортирования накладывает определенные ограничения на взаимное расположение технологического оборудования, а в ряде случаев даже однозначно определяет его;

2. Характеристики системы транспортирования играют решающую роль в оценке качества компоновки.

Необходимо размещать оборудование и строить систему транспортирования одновременно. Формализация задачи объемной компоновки сводится к следующему:

$$\Phi = A_i(Z_i) \cap A_j(Z_j).$$

Учитывают зоны обслуживания оборудования, зоны, свободные от оборудования, размещение внутри строительной сетки  $S\Omega$ , расстояние между оборудованием и строительными конструкциями, предусматривают пропорциональность получаемых параметров строительному модулю  $m_e$ , трассировку аспирационных сетей, условия увязки оборудования самотечным транспортом.

Количественная оценка различных вариантов компоновок может быть проведена по двум критериям: коэффициент заполнения объема спроектированного здания к приведенным затратам, включающим затраты на технологические коммуникации и строительные конструкции.

Математическое описание задачи объемной компоновки — это многоэкстремальные задачи нелинейного программирования. Эти задачи ориентированы на активное участие проектировщика в вычислительном процессе путем задания входной информации, определяющей габариты здания, фиксацию тех или иных единиц оборудования. Формализация задачи (математическое описание) объемной компоновки сводится к следующему:

$$A_i(Z_i) \cap A_j(Z_j) = \Phi;$$

предусмотрение зон обслуживания  $N_i$  —

$$N_i(Z_i) \cap A_j(Z_j) = \Phi; \quad (N_i \supset A_i);$$

определение зон, свободных от оборудования, —

$$u_k = (Z_n) \cap A(Z_i) = \Phi;$$

размещение оборудования внутри строительной сетки  $S\Omega$  —

$$A_i(Z_i) \cap S\Omega = \Phi; \quad |A_i(Z_i); \quad S\Omega \supset \Omega|;$$

предусмотрение расстояний  $l$  между оборудованием и строительными конструкциями —

$$l |A_i(Z_i) S\Omega| \geq \Delta; \quad \Delta \geq 0;$$

предусмотрение пропорциональности получаемых параметров строительному модулю  $m_e$  —

$$Y\Omega = K_e m_e; \quad l = 1n \quad Y\Omega \min \leq Y\Omega \leq Y \max.$$

трассировка аспирационных сетей  $T$  по границам областей  $A_i$ ,  $N_i$ ,  $u_k$ ,  $S\Omega$ , т. е. во множестве  $\psi$ , —

$$T_j = (Y, P) \in \psi.$$

Условие увязки оборудования  $A_i$  самотечным транспортом с оборудованием  $A_j$ ,  $A_i(Z_i) \cap Q_j(Z_j) \neq \Phi$ ,

$Q_j$  — зона обслуживания самотечным транспортом с оборудованием  $A_j(Z_j)$ ;  
 $A(A_1, A_2, \dots, A_n)$  — геометрические тела;  
 $Z_i(x_i, y_i, z_i, Q_i, \psi_i)$  — расположение аппарата.

Входные данные для расчета на ЭВМ:

1. Число этажей здания;
2. Высоты этажей здания;
3. Размеры оборудования;
4. Величина угла наклона самотека;
5. Число единиц оборудования на этажах здания;
6. Размеры здания;
7. Допустимое расстояние между оборудованием;
8. Технологические связи между оборудованием;
9. Число закрепленных объектов по этажам здания;
10. Номера закрепленных объектов по этажам;
11. Координаты закрепленных объектов и т. д.

Программа дает оптимальное размещение оборудования в многоэтажном здании. Автоматизированное решение задачи осуществляется в режиме диалога проектировщика с ЭВМ. Проектировщик на основании требований проекта в целом, опыта и интуиции задает ЭВМ свои пожелания. Машина перебирает и оценивает различные варианты размещения и выбирает наиболее рациональный. Проектировщик, проанализировав этот вариант, может изменить свои пожелания и выдать ЭВМ новое задание и т. д., пока не будет получено приемлемое решение.

#### Вопросы для самоконтроля

1. Каковы этапы развития процессов проектирования?
2. Что такое структурная модель САПР?
3. Что входит в понятие — виды обеспечения САПР?
4. Какие элементы входят в систему?
5. Какие общесистемные принципы (свойства) определяют деятельность по созданию САПР?
6. Каковы принципы развития САПР?
7. Каковы стадии создания САПР?
8. Как поставить задачу проектирования?
9. Что входит в понятие — техническое обеспечение САПР?
10. Что входит в понятие — программное обеспечение САПР?
11. Что такое модульное программирование?
12. Как построить пакеты прикладных программ?
13. Как программировать САПР в диалоговом режиме?
14. Что такое информационное обеспечение САПР?
15. Каково назначение автоматизированных банков данных (АБД) САПР?
16. Как обеспечить организационное функционирование САПР?

#### СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- Бутковский В. А., Мельников Е. М. Технология мукомольного, крупяного и комбикормового производства (с основами экологии). — М.: Агропромиздат, 1989. — 464 с.
- Васильев Я. Я., Семенов Л. И. Взрывоопасность на предприятиях по хранению и переработке зерна. — М.: Колос, 1983.
- Володин Н. П., Посторных М. Г., Кривошеин А. И. Справочник по аспирационным и пневмотранспортным установкам. — М.: Колос, 1984. — 288 с.
- Гамрат-Курен Л. И. Экономическое обоснование дипломных проектов. — М.: Высшая школа, 1985. — 160 с.
- Демский Л. А., Птушкина Г. Е., Борискин М. А. Комплектное оборудование мукомольных заводов. — М.: Агропромиздат, 1985. — 215 с.
- Егоров Г. А., Мельников Е. М., Максимчук Б. М. Технология муки, крупы и комбикормов. — М.: Колос, 1984. — 376 с.
- Кулак В. Г., Максимчук Б. М., Чакар А. П. Мукомольные заводы на комплектном оборудовании. — М.: Колос, 1984. — 255 с.
- Мерко И. Т. Технология мукомольного и крупяного производства. — М.: Агропромиздат, 1985.
- Норенков И. П. Введение в автоматизированное проектирование технологических устройств и систем. — М.: Высшая школа, 1980. — 311 с.
- Охрана окружающей среды/Под ред. Белова С. В. — М.: Высшая школа, 1983. — 264 с.
- Проектирование зерноперерабатывающих предприятий с основами САПР/Мерко И. Т., Н. Е. Погирной, Б. В. Касьянов, А. П. Чакар. — М.: Агропромиздат, 1989. — 367 с.
- Системы автоматизированного проектирования/Под ред. Аветисяна Д. А. — М.: Издательство стандартов, 1985. — 180 с.
- Теплов А. Ф., Галкина А. В. Охрана труда на хлебоприемных и зерноперерабатывающих предприятиях. — М.: Колос, 1984.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	3	§ 2. Проектирование коммуникаций в подготовительном и раз-	151
Глава I. Общие вопросы проектирования	5	мольном отделениях мукомольного завода	161
§ 1. Разработка технической документации	5	Глава VI. Проектирование цеха готовой продукции	161
§ 2. Задание на проектирование	6	§ 1. Назначение цеха готовой продукции	163
§ 3. Стадии проектирования	9	§ 2. Технологические процессы в цехе готовой продукции	164
§ 4. Составление сметной документации	10	§ 3. Расчет и компоновка оборудования цеха готовой продукции	169
§ 5. Техничко-экономическое обоснование строительства	11	Глава VII. Проектирование вспомогательных объектов и служб	169
§ 6. Техничко-экономическая эффективность проектируемых пред-	14	§ 1. Зернохранилища	170
приятий	14	§ 2. Склады для хранения муки и крупы	171
§ 7. Выбор площадки для строительства	16	§ 3. Подсобные цехи и вспомогательные помещения	171
§ 8. Проектирование генерального плана	20	§ 4. Аспирационная сеть предприятий	174
§ 9. Строительные конструкции зданий мукомольных и крупяных	27	§ 5. Пневмотранспортные установки	175
заводов	27	§ 6. Система отопления	176
Глава II. Проектирование технологических операций	35	Глава VIII. Расчет энергетической части проекта	178
§ 1. Проектирование подготовительных отделений	35	Глава IX. Техника безопасности, производственная санитария и охрана	178
§ 2. Проектирование перерабатывающих отделений мукомольных	55	окружающей среды	180
и крупяных заводов	55	§ 1. Техника безопасности	181
§ 3. Разработка количественно-качественных балансов	70	§ 2. Охрана окружающей среды	181
Глава III. Расчет и подбор технологического оборудования	81	§ 3. Производственная эстетика	183
§ 1. Принципы расчета и подбора оборудования	81	Глава X. Автоматизация предприятий	183
§ 2. Расчет бункеров для оперативного хранения зерна и про-	82	§ 1. Мукомольный и крупяной заводы как объекты автомати-	183
дуктов технологии	82	зации	184
§ 3. Расчет и подбор оборудования подготовительного отделения	87	§ 2. Разработка ДАУ	187
§ 4. Расчет и подбор оборудования размольного отделения му-	91	Глава XI. Методы системного анализа в проектировании	187
комольного завода	91	§ 1. Общие положения	187
§ 5. Расчет оборудования шелушального отделения крупяных	101	§ 2. Топологический метод анализа технологической <i>схемы</i>	189
заводов	101	§ 3. Эффективность и стабильность функционирования ТС	196
Глава IV. Компоновка оборудования и определение размеров произ-	105	Глава XII. Методы сетевого проектирования	197
водственного здания	105	§ 1. Общие положения	197
§ 1. Принципы компоновки оборудования	105	§ 2. Расчет параметров сетевого графика	199
§ 2. Взаимное расположение цехов мукомольных и крупяных	110	Глава XIII. Система автоматизированного проектирования	205
заводов	110	§ 1. Значение САПР в проектировании	205
§ 3. Размещение бункеров и определение размеров подготови-	115	§ 2. Структурная модель САПР	206
тельного отделения	115	§ 3. Постановка задач проектирования	213
§ 4. Компоновка оборудования и бункеров подготовительного	125	§ 4. Техническое обеспечение САПР	214
отделения	125	§ 5. Программное обеспечение САПР	217
§ 5. Размещение оборудования размольного отделения и опреде-	129	§ 6. Информационное обеспечение САПР	221
ление размеров здания	129	§ 7. Автоматизированные банки данных (АБД) САПР	223
§ 6. Компоновка оборудования размольного отделения	134	§ 8. Организационное обеспечение САПР	224
§ 7. Компоновка оборудования шелушального отделения крупя-	136	§ 9. Создание САПР в проектной организации	225
ного завода	136	§ 10. Система автоматизированного проектирования зернопере-	228
§ 8. Компоновка оборудования мукомольных заводов произво-	140	рабатывающих предприятий	237
дительностью 500 т/сут на комплектном оборудовании	140	Список рекомендуемой литературы	237
Глава V. Проектирование внутривозовского транспорта и коммуни-	143		
каций продуктов	143		
§ 1. Принципы проектирования	143		

Учебное издание

Мартыненко Яков Федорович,  
Чеботарев Олег Николаевич

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ МУКОМОЛЬНЫХ И КРУПЯНЫХ ЗАВОДОВ  
С ОСНОВАМИ САПР**

Учебное пособие для вузов

Зав. редакцией *Л. М. Богатая*  
Художественный редактор *В. А. Чуракова*  
Технический редактор *В. А. Боброва*  
Корректор *В. В. Тумарева*

ИБ № 6121

Сдано в набор 17.06.91. Подписано к печати 29.08.91. Формат 60×90<sup>1/16</sup>. Бумага кн.-журн.  
Гарнитура Литературная. Печать высокая. Усл. печ. л. 15,0. Усл. кр.-отт. 16,0.  
Уч.-изд. л. 15,49. Изд. № 121. Тираж 3000 экз. Заказ № 1016. Цена 3 р. 10 к.

Ордена Трудового Красного Знамени ВО «Агропромиздат», 107807, ГСП-6, Москва, Б-78,  
ул. Садовая-Спасская, 18.

Московская типография № 11 Министерства печати и массовой информации РСФСР,  
113105, Москва, Нагатинская ул., д. 1.