МИНИСТЕРСТВО УГОЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ СССР

ДОНГИПРООРГШАХТОСТРОЙ

МЕТОДИКА

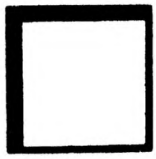
ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОПТИМАЛЬНОЙ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ СТРОИТЕЛЬСТВА ОБЪЕКТОВ УГОЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

ДОНЕЦК-1980

gost.e-ecolog.ru

МИНИСТЕРСТВО УГОЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ СССР

ДОНГИПРООРГШАХТОСТРОЙ



УТВЕРЖДЕНА В/О "СОЮЗШАХТОПРОЕКТ"
ПО СОГЛАСОВАНИИ С
ГЛАВГОСЭКСПЕРТИЗОЙ ГОССТРОЯ СССР И
ПРОИЗВОДСТВЕННО-ТЕХНИЧЕСКИМ УПРАВЛЕНИЕМ
ПО СТРОИТЕЛЬСТВУ МИНУГЛЕПРОМА СССР

12 ДЕКАБРЯ 1980 г.

МЕТОДИКА

ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОПТИМАЛЬНОЙ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ СТРОИТЕЛЬСТВА ОБЪЕКТОВ УГОЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

ДОНЕЦК-1980

С О Д Е Р Ж А Н И Е

Введение 4

1. Основные положения 7

2. Анализ факторов, влияющих на себестоимость строительно-монтажных работ 15

2.I. Определение факторов I5

2.2. Количественная оценка факторов 2I

3. Модель и исходные данные для исследования зависимости себестоимости строительно-монтажных работ от продолжительности строительства объектов 45

3.I. Этапы и их модели 46

3.2. Разработка моделей по этапам 48

3.3. Нормативная база 53

3.4. Описание блок-схемы формирования нормативной базы 55

4. Оптимизация продолжительности строительства объекта по критерию минимальной себестоимости строительно-монтажных работ 59

4.I. Формирование организационно-технологических вариантов 59

4.2. Определение изменения себестоимости строительства по вариантам 6I

4.3. Процедура составления (разработки) вариантов 64

5. Математическое обеспечение расчетов на ЭВМ 68

5.I. Специальный пакет программ 68

5.2. Стандартный пакет программ 68

5.3. Краткая характеристика метода определения функциональной зависимости 72

6. Порядок разработки, оформления и хранения каталога ведомственных норм продолжительности строительства объектов 75
6.1. Порядок разработки 75
6.2. Оформление каталога 76
6.3. Хранение каталога 86

7. Порядок применения норм продолжительности строительства объектов в составе пусковых комплексов угольной промышленности 88

ВВЕДЕНИЕ

"Методика определения оптимальной продолжительности строительства объектов угольной промышленности" разработана институтом "Донгипрооргшахтострой" на основании плана изучения и обобщения отечественного и зарубежного опыта проектирования и строительства на 1980 г., утвержденного постановлением Госстроя СССР от 10 декабря 1979 г. № 240, а также письма института "Центрогипрошахт" В/О "Союзшахтопроект" от 28 ноября 1979 г. № 33/27-2070 и заключенного с ним договора от 4 февраля 1980г. № 2250.

Методика разработана для составления каталога ведомственных норм продолжительности строительства объектов, входящих в состав пусковых комплексов угольной промышленности, с учетом минимальной себестоимости выполнения строительно-монтажных работ.

Каталог предназначается для проектных институтов и строительных организаций Минуглепрома СССР, разрабатывающих проекты организации строительства, проекты производства работ, графики выполнения работ, перспективные, текущие и оперативные планы.

Настоящая Методика разработана на основе изучения и обобщения опыта строительства шахт и других объектов угольной промышленности и является результатом теоретических исследований по определению зависимости себестоимости выполнения строительно-монтажных работ от продолжительности строительства объекта.

Исследования проводились с целью определения оптимальной продолжительности (зоны) строительства объектов в составе пусковых комплексов, установления рациональных сроков окончания сооружения каждого объекта с учетом его технологической необходимости, а также распределения объемов строительно-монтажных работ по периодам строительства.

В Методике изложены общие положения по определению оптимальной продолжительности строительства объектов по критерию минимальной себестоимости выполнения строительно-монтажных работ. Обоснован выбор моделей и методов определения оптимальной продолжительности строительства объектов. Определены факторы, влияющие на себестоимость строительно-монтажных работ, и их количественные оценки. Приведены исходные данные для моделирования вариантов строительства объектов с целью исследования зависимости "время-себестоимость". Сформированы организационно-технологические варианты производства работ. В специальном разделе изложена процедура оптимизации продолжительности строительства объекта-представителя на примере вентиляторной установки ВЦД-47 У. Описан порядок разработки, оформления и хранения каталога ведомственных норм продолжительности строительства объектов, а также применения их при проектировании, планировании и управлении строительством объектов в составе пусковых комплексов угольной промышленности.

Проект Методики рассмотрен и одобрен секцией организации строительства угольных предприятий научно-технического совета института "Донгипрооргшахтострой" и рекомендован для утверждения Минуглепромом СССР.

Работа выполнена в институте "Донгипрооргшахтострой" под руководством кандидатов технических наук Меликсетова С.С. и Сапронова В.Т.

Ответственный исполнитель темы – Сирота Н.И.

Исполнители: Левинтон Л.А., Микос Г.С., Синельникова А.И.

В выполнении работы и разработке отдельных разделов Методики приняли участие:

от Госстроя СССР - тт.Петренко Е.В., Свирский М.И.;

от Госплана СССР - т.Федченко А.Е.;

от Минуглепрома СССР - тт.Захаров А.В., Амурский Н.С.;

от института "Центрогипрошахт" - тт.Еремеев В.М., Матиков А.Г., Киловзоров Б.Д.;

от института "Донгипрооргшахтострой" - тт.Минаков В.Л., Барский Б.И., Алейникова Л.А., Нахалова В.Н., Криц Л.А., Самусик В.Н.

1. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Программа капитального строительства (особенно горнодобывающих предприятий), предусмотренная пятилетним планом при ограничении трудовых ресурсов, может быть выполнена при условии внедрении в строительном производстве методов оптимального планирования и управления.

Оптимальное планирование и управление являются одной из основных задач совершенствования строительного производства, цель которой - обеспечить сдачу запланированных объектов в эксплуатацию в установленные сроки с минимальными затратами при непрерывном и равномерном использовании трудовых ресурсов.

Совершенствование системы управления в строительстве связано с решением ряда сложных технологических, организационных, экономических и социологических задач, с математическим, техническим, информационным и нормативным обеспечением. Планирование капитального строительства - один из разделов народнохозяйственного плана и должно предусматривать наиболее рациональное и эффективное использование людских, материальных и финансовых ресурсов. Поэтому новый этап в экономической науке характеризуется реализацией принципа оптимума, стремлением к наилучшему, наивыгоднейшему решению экономических задач, т.е. к выбору оптимального варианта их решения.

Сущность оптимизации в строительстве заключается в выборе таких методов ведения работ, которые обеспечивают строительной организации минимальные затраты при условии непрерывного и равномерного использования трудовых ресурсов и обязательного ввода объектов в эксплуатацию в установленные сроки. На основе оптимизации технологических строительных процессов, разработки рабочих

узловых сетевых графиков, организации работ непрерывным потоком и формирования календарного плана становится возможным составлять плановые документы с расчетными показателями для каждого уровня управления и этапа строительства.

Задача оптимизации производственной деятельности строительной организации по экономическим критериям решается последовательно в подсистемах перспективного, текущего (годового) и оперативного планирования. Каждая из этих подсистем имеет свою цель и свое выражение экономического критерия. Однако соблюдение принципа баланса между плановыми заданиями по строительству объектов, с одной стороны, и мощностями подразделений и материально-техническим обеспечением строительства, с другой, является непременным условием для всех этапных подсистем.

Обязательными требованиями, предъявляемыми к плану, являются его направленность и реальность, соответствие запросам народного хозяйства. Реальность плана определяется степенью сбалансированности плановых заданий с фактической мощностью строительной организации и обеспеченностью ее необходимыми ресурсами.

Постановление ЦК КПСС и Совета Министров СССР "Об улучшении планирования и усилении воздействия хозяйственного механизма на повышение эффективности производства и качества работы" может быть выполнено ограниченными трудовыми ресурсами при условии внедрения в шахтном строительстве методов оптимального планирования и управления, повышения технического уровня строительства для обеспечения роста производительности труда, минимальной себестоимости, хорошего качества выполнения строительно-монтажных работ и возможности концентрации ресурсов с целью ввода объектов в установленные сроки.

Совершенствование шахтостроительного производства и повышение производительности труда ранее достигались за счет увеличения сборности конструкций, роста фондовооруженности строительных организаций, внедрения комплексной механизации, ритмичности строительного потока, роста механовооруженности строительства и других мероприятий, которые косвенно влияли на себестоимость строительства объектов.

Основной целью ряда исследований, проводимых по вопросу совершенствования технологии и организации строительного производства, является сокращение продолжительности строительства шахты. Однако зависимость изменения себестоимости выполнения работ от продолжительности строительства и влияние степени концентрации ресурсов на продолжительность не учитываются. Между тем, изучение этой зависимости имеет большое значение, поскольку дает возможность соизмерить народнохозяйственный эффект от сокращения продолжительности строительства с дополнительными издержками строительных организаций.

В процессе реализации проекта продолжительность выполнения работ и наличие ресурсов противостоят друг другу, т.е. сокращение продолжительности строительства вызывает увеличение расхода ресурсов в единицу времени, и наоборот - снижение интенсивности потребления ресурсов (главным образом из-за их ограничения во времени) влечет за собой увеличение времени выполнения работ.

Поскольку ограниченность ресурсов во времени является объективной закономерностью расширенного воспроизводства, то совершенно логична постановка задачи об оптимальном их использовании.

Понятие "ресурсы" в данном случае охватывает как средства производства (машины, механизмы, конструкции, изделия, полуфабрикаты и др.), используемые при производстве работ, так и рабочую

силу и финансы.

Решение задач календарного планирования непосредственно связано с оптимальным использованием ресурсов типа "мощность". К числу наиболее распространенных в настоящее время постановок этих задач можно отнести следующие:

а) при заданном уровне расхода в единицу времени основных ресурсов типа "мощность" минимизировать общую продолжительность выполнения работ;

б) при заданной продолжительности строительства объекта минимизировать неравномерность потребления основных ресурсов.

Наиболее часто встречается смешанная задача, в которой по установленной продолжительности строительства отдельных, особо важных объектов с интенсивным расходом некоторых ресурсов без ограничения требуется минимизировать возможность отклонения продолжительности строительства остальных объектов от заданной величины при заданном уровне расхода ресурсов. В этой задаче для работ и объектов критического пути необходимо выделить ресурсы без ограничения, определив потребность в них по периодам строительства, а оставшиеся ресурсы распределить по объектам и работам в зависимости от их резервов времени. Такие объекты сооружаются с оптимальной продолжительностью при минимальной себестоимости выполнения строительно-монтажных работ, с обеспечением ввода их в эксплуатацию в сроки, обусловленные технологической необходимостью.

Нахождение оптимальной продолжительности строительства, при которой достигается минимальная себестоимость выполнения строительно-монтажных работ,- одна из основных технико-экономических задач шахтного строительного производства.

При сооружении шахт, разрезов, центральных обогатительных фабрик и других объектов угольной промышленности не менее важными задачами являются определение общей продолжительности строительства пускового комплекса, рациональное распределение капитальных вложений по годам и кварталам при минимизации объема незавершенного производства, концентрации ресурсов и организации равномерного и непрерывного их использования.

Для обеспечения ввода шахты в эксплуатацию каждый объект в составе пускового комплекса должен сооружаться с учетом сдачи его в срок, обусловленный технологической необходимостью. Начало строительства объекта определяется по продолжительности, указанной в "Каталоге ведомственных норм", с учетом возможности минимизации себестоимости выполнения СМР и объема незавершенного производства.

В качестве критерия для оценки затрат на строительно-монтажные работы принимается сметная стоимость, которая определяется независимо от многовариантной технологии строительства и условий выполнения работ. При оптимизации плана критерием для сравнения различных методов и вариантов технологии выполнения работ, условий и сроков строительства может выступать максимизация прибыли, позволяющая оценить эффективность деятельности строительной организации.

Прибыль определяется как разность между сметной стоимостью и суммой фактических затрат строительной организации. Таким образом, максимизация прибыли сводится к минимизации прямых затрат строительной организации на сооружение объекта. В этом случае себестоимость выступает в качестве критерия оптимального строительного производства.

Выявление зависимости между себестоимостью строительно-монтажных работ и продолжительностью строительства представляет значительный интерес, так как сокращение продолжительности наряду со снижением накладных расходов может вызывать дополнительные затраты строительных организаций и увеличение себестоимости строительства объекта.

Дополнительные затраты возникают за счет:

- организации работы в две-три смены, что приводит к снижению производительности труда рабочих второй и третьей смен из-за физиологического состояния работающих в разное время суток;

- привлечения дополнительных рабочих, их расселения и оплаты командировочных по КЗОТу;

- дополнительной оплаты сверхурочных работ и работ в выходные дни;

- снижения производительности труда в связи с увеличением количества рабочих и механизмов в смену на ограниченном фронте работ;

- увеличения технологических простоев;

- снижения производительности механизмов в связи с увеличением их количества на ограниченном фронте работ;

- приобретения дополнительных механизмов, средств транспорта и содержания персонала для их обслуживания;

- затрат при завозе строительных деталей, изделий и конструкций с отдаленных предприятий, так как местные поставщики не обеспечивают дополнительной потребности, возникающей вследствие интенсификации работ;

- затрат на дополнительное строительство бетонных и растворных узлов, ремонтно-вспомогательных баз для обслуживания дополнительных механизмов, которые после окончания строительства не будут

использованы;

- уменьшения оборачиваемости опалубки до износа при ускоренном производстве бетонных работ по сравнению с нормативными сроками;

- потерь строительных организаций от снятия ресурсов с других объектов и нарушения ритма подготовки фронта работ для выполнения заданий по сокращенному графику на данном объекте.

Сокращение продолжительности строительства, с одной стороны, ускоряет ввод мощности одного комплекса и дает возможность заказчику получить дополнительную прибыль, а с другой стороны, у строительных организаций под влиянием указанных факторов возникают дополнительные затраты, которые отражаются на себестоимости выполнения работ на других объектах.

В настоящее время возможно применение двух методов определения зависимости себестоимости строительно-монтажных работ от продолжительности строительства объектов: расчетно-статистического и расчетно-нормативного. Для обработки данных оба метода предполагают использование математической статистики.

Расчетно-статистический метод не позволяет получить обоснованные результаты, так как отсутствует точный достоверный учет необходимых данных по многим объектам, построенным в течение длительного периода.

Расчетно-нормативный метод предусматривает анализ и сравнение большого количества различных вариантов технологических решений, принимаемых на основе производственных нормативов и организационно-технологических связей между объектами, включенными в программу подрядных работ строительной организации.

При моделировании различных вариантов организации и технологии производства работ для определения себестоимости каждого из них используются производственные нормы, более точно отражающие реальные затраты средств и ресурсов на строительство. В период подготовки производства на основе производственных норм определяются временные и стоимостные оценки отдельных работ и возведения объекта в целом, которые изменяются в зависимости от принимаемых организационных и технологических решений.

Результаты анализа многих вариантов себестоимости строительно-монтажных работ при изменении продолжительности строительства объекта являются основой для определения характера зависимости "время-себестоимость", что позволит совершенствовать формирование календарного плана работ строительной организации с учетом стоимостных показателей.

2. АНАЛИЗ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА СЕБЕСТОИМОСТЬ СТРОИТЕЛЬНО-МОНТАЖНЫХ РАБОТ

2.1. Определение факторов

Ускоренное производство работ связано с увеличением прямых затрат и снижением накладных расходов, что может в определенное время вызвать удорожание выполнения строительно-монтажных работ. На увеличение прямых затрат влияет большое количество факторов. Одни из них исследованы и имеют нормативы (количественную оценку), а другие имеют только качественную характеристику.

Для решения задачи снижения себестоимости строительно-монтажных работ необходимо использовать факторы, имеющие нормативы, а также определить количественные оценки других влияющих факторов.

При определении расчетной себестоимости строительно-монтажных работ следует учитывать факторы, характеризующие:

- уровень развития строительства;
- систему планирования и организации строительства;
- технологию и организацию производства работ.

К первой группе относятся факторы, определяющие уровень развития строительства как отрасли народного хозяйства и влияющие на себестоимость выполнения работ и продолжительность строительства:

- степень сборности и заводской готовности строительных конструкций, деталей и изделий;
- уровень механизации строительно-монтажных работ;
- концентрация, специализация и кооперирование в строительстве;
- уровень типового проектирования;
- объемно-планировочные и конструктивные решения;

- уровень развития материально-технической базы.

Ко второй группе относятся факторы, характеризующие уровень существующих методов планирования и организации строительства:

- организационные формы и структура управления;
- ритмичное использование мощности строительной организации;
- система планирования и экономического стимулирования;
- система оплаты труда;
- система материально-технического снабжения.

На стадии осуществления строительства на величину себестоимости влияют факторы третьей группы:

- уровень инженерной подготовки производства;
- степень подготовки строительной площадки;
- объем и характер работ;
- методы организации производства работ;
- продолжительность выполнения строительно-монтажных работ;
- режим и условия производства работ;
- количественный и квалификационный состав рабочих;
- производительность труда;
- тип и количество строительных машин;
- качество выполнения строительно-монтажных работ;
- качество строительных материалов.

В результате исследований установлена группа факторов (табл.I), вызывающих увеличение прямых затрат при изменении продолжительности строительства объектов.

Таблица I

Основные факторы, влияющие на увеличение прямых затрат при изменении продолжительности строительства объектов

Факторы	Документы, по которым определяется сумма удорожания
I	2
Строительство дополнительных:	
бетонных, растворных и асфальтобетонных установок (заводов), узлов	Смета или сметно-финансовый расчет на строительство и ликвидацию
временных мастерских для обслуживания дополнительных строительных машин	То же
временных стоянок автомашин,	-"-
временных прирельсовых и перегрузочных складов	Калькуляция или сметно-финансовый расчет
временных палаток или бараков, инвентарных передвижных вагончиков для расселения дополнительного контингента рабочих	То же
Наем помещений и эксплуатационные расходы, связанные с содержанием временного жилья для размещения дополнительного контингента рабочих	Калькуляция и нормативы
Дополнительные транспортные расходы на перевозку изделий и деталей отдаленными поставщиками	То же
командировочные рабочим, привлеченным с других строек	Нормативы
Дополнительная оплата сверхурочных работ в выходные дни	Нормативы
Содержание дополнительного персонала, обслуживающего машины и механизмы	Калькуляция и нормативы

Окончание табл.

1	2
Снижение производительности труда рабочего при организации работ во вторую и третью смены	Отсутствуют нормативы
Снижение производительности механизмов в связи с увеличением их количества на ограниченном фронте работ	Отсутствуют нормативы
Снижение производительности труда рабочего при увеличении количества рабочих в смену на ограниченном фронте работ	-"-
Уменьшение оборотов опалубки до износа при ускоренном производстве бетонных работ	-"-
Интенсификация производственных процессов (термообработка бетона, применение химикатов, ускоряющих твердение, и т.д.)	Калькуляция и нормативы
Удорожание по объектам, с которых снимаются ресурсы	То же
Совмещение работ	-"-
Применение дополнительных защитных средств при многосрусном производстве работ	-"-
Увеличение сроков производства работ на зимний период	Нормативы

приведенные факторы учитываются при разработке вариантов сокращения или увеличения продолжительности строительства объекта в зависимости от методов и условий выполнения работ.

В состав сметы включены накладные расходы, которые составляют 12-17% от сметной стоимости. Из них 50% прямо зависят от продолжительности строительства объектов, при сокращении которой эта часть накладных расходов соответственно уменьшается.

Поскольку повышение эффективности строительного производства находит отражение в экономических показателях, которые синтезируют все виды затрат и приводят их к единой соизмеримой форме-стоимостной, то переход к экономической оптимизации становится необходимым. На современном этапе все решения должны рассматриваться с точки зрения системного подхода и оцениваться комплексно. В строительном производстве оптимальное планирование может применяться только тогда, когда строительная организация рассматривается как единая управляемая система.

В связи с этим изменение себестоимости строительно-монтажных работ рассматриваемого объекта по вариантам следует рассчитывать с учетом изменений ее и на других объектах, происходящих в результате реализации мероприятий с целью сокращения или увеличения критического пути. Например, количество исполнителей, а также машин и механизмов на одном объекте увеличивают за счет перевода их с других объектов, возводимых этой же строительной организацией. Результат оценивается по общему эффекту, т.е. производится итоговый расчет прибыли и убытков (потерь) по всем объектам.

Увеличение прямых затрат при сокращении продолжительности выполнения работ определяют расчетным путем. Сумма удорожания

работ в связи со строительством и ликвидацией дополнительных бетонных, растворных и асфальтобетонных установок (заводов), узлов, временных мастерских для обслуживания дополнительных строительных машин, стоянок автомашин определяется сметой или смет но-финансовым расчетом, которые составляются в процессе проектирования.

По некоторым факторам (строительство временных прирельсовых, перегрузочных складов, устройство временных палаток или бараков, инвентарных передвижных вагончиков для расселения дополнительного контингента рабочих) сумма удорожания работ определяется калькуляцией или смет но-финансовым расчетом, которые составляются непосредственно строительными организациями.

Количественная характеристика большинства факторов, влияющих на увеличение прямых затрат, определяется по калькуляциям и существующим нормативам.

Например, для определения дополнительных затрат на перевозку рабочих, возникающих при концентрации исполнителей на одном объекте за счет перевода их с других, удаленных объектов, используются нормативы, учитывающие вид транспорта и расстояние перевозки, почасовой оплаты за использование автотранспорта, или определяются суммы командировочных расходов из расчета 3 руб.10коп - 3 руб.30 коп. на одного человека в сутки.

Удорожание работ, вызванное смещением сроков производства строительных и монтажных работ на зимний период (в связи с изменением продолжительности строительства объектов), определяется по "Временным нормам дополнительных затрат при производстве строительно-монтажных работ в зимнее время" (ВНДЗ-69).

2.2. Количественная оценка факторов

Количественная оценка факторов, влияющих на себестоимость строительно-монтажных работ, может быть определена посредством хронометража, фотоучета и других методов с последующей аналитической обработкой полученных данных. Однако эти методы трудоемки, постановка равноценных экспериментов затруднена. Для объективной оценки факторов необходимо применять метод экспертных оценок, который широко используется для решения ряда экономических задач. При использовании этого метода очень важны правильная постановка вопросов и выбор специалистов-экспертов. Для получения более достоверных, объективных оценок привлекаются компетентные в области исследуемых вопросов работники строительных управлений, трестов, комбинатов, институтов, трестов "Оргтехстрой", научно-исследовательских институтов и другие специалисты, непосредственно занимающиеся организацией строительства.

При разработке анкеты необходимо четко сформулировать вопросы для экспертов (специалистов) и определить состав влияющих на себестоимость факторов, которым необходимо дать однозначную количественную оценку.

Каждый эксперт заполняет анкету с перечнем коэффициентов, подлежащих определению методом экспертных оценок (табл.2). Данные анкет, полученные не менее чем от 60 экспертов, заносятся в сводную таблицу экспертных оценок. На первой стадии исследования факторов целесообразно прежде всего формализовать полученные данные с помощью методов математической статистики и парной корреляции.

Для исследования зависимости "время-себестоимость" и разработки методики определены количественные оценки факторов, влияющих

Таблица 2

А Н К Е Т А

перечня коэффициентов количественных оценок факторов, определяемых методом экспертных оценок

I. Коэффициент снижения производительности труда рабочего при увеличении количества рабочих в смену (по отношению к нормативному или оптимальному их числу) на ограниченном фронте работ в I,5; 2,0; 2,5 раза.

Профессия рабочих	Значения коэффициента			
	I,0	I,5	2,0	2,5
Монтажники	I,0			
Каменщики	I,0			
Плотники-бетонщики	I,0			
Отделочники	I,0			

2. Коэффициент снижения производительности одного механизма в связи с увеличением количества механизмов в смену на ограниченном фронте работ в I,5; 2,0; 2,5 раза:

а) для однородных механизмов

Механизмы	Значения коэффициента			
	I,0	I,5	2,0	2,5
Башенные краны	I,0			
Гусеничные краны	I,0			
Экскаваторы	I,0			
Бульдозеры	I,0			
Автокраны	I,0			
Автотранспорт	I,0			

б) для разнородных механизмов

Механизмы	Значения коэффициентов для вариантов сочетаний					
	башен. краны	гусен. краны	авто-краны	бульдо-зеры	экскава-торы	авто-трансп.
Башенные краны						
Гусеничные краны						
Автокраны						
Бульдозеры						
Экскаваторы						

3. Коэффициент, учитывающий уменьшение оборотов опалубки до износа при ускоренном производстве бетонных работ по сравнению с нормативными сроками в I,5; 2,0; 2,5 раза.

Значения коэффициента			
I,0	I,5	2,0	2,5
I,0			

4. Коэффициент снижения производительности труда одного рабочего при организации работ во вторую и третью смены.

Профессия рабочих	Значения коэффициента по сменам		
	первая	вторая	третья
Монтажники	I,0		
Каменщики	I,0		
Плотники-бетонщики	I,0		
Отделочники	I,0		

Фамилия, И.О. Подпись

Занимаемая должность

Организация Дата

на увеличение затрат факторов:

- снижение производительности труда рабочего при увеличении количества рабочих в смену (по отношению к нормативному или оптимальному их числу) на ограниченном фронте работ;

- снижение производительности механизмов в связи с увеличением их количества в смену на ограниченном фронте работ (для однородных и разнородных механизмов);

- уменьшение количества оборотов опалубки до износа при ускоренном производстве бетонных работ по сравнению с нормативными сроками;

- снижение производительности труда рабочего при организации работ во вторую и третью смены.

Экспертные оценки располагают в таблице в виде вариационного ряда для расчета следующих показателей: средней арифметической размаха вариации, среднего линейного отклонения, дисперсии, среднего квадратического отклонения и коэффициента вариации.

Допустим, имеется вариационный ряд, отражающий снижение производительности труда рабочего (для монтажников) при увеличении количества рабочих в смену в I,5 раза по отношению к нормативному числу на ограниченном фронте работ (табл.3).

Таблица 3

Варианты y (коэффициенты снижения или увеличения производительности труда рабочего)	Частоты f (количество экспертов)	Произведение варианта на частоту ($y \cdot f$)
y_1 = I,I0	f_1 = I	$y_1 f_1$ = I,I0
y_2 = 0,95	f_2 = 4	$y_2 f_2$ = 3,80
y_3 = 0,90	f_3 = I5	$y_3 f_3$ = I3,50
y_4 = 0,85	f_4 = I4	$y_4 f_4$ = II,90
y_5 = 0,80	f_5 = I2	$y_5 f_5$ = 9,60

Окончание табл.3

I	2	3
$y_6 = 0,75$	$f_6 = 8$	$y_6 \cdot f_6 = 2,25$
$y_7 = 0,70$	$f_7 = 11$	$y_7 \cdot f_7 = 7,70$
итого	$\sum_{i=1}^{k} f_i = 60$	$\sum_{i=1}^{k} y_i \cdot f_i = 49,85$

Средняя арифметическая величина определяется по формуле

$$\bar{y} = \frac{\sum_{i=1}^{n} y_i}{n},$$

где y_i - варианты признака;

n - количество вариантов.

Если отдельные значения признака повторяются в совокупности более чем один раз (как в рассматриваемом примере), то среднюю арифметическую взвешенную величину определяют по формуле

$$\bar{y} = \frac{\sum_{i=1}^{n} y_i f_i}{\sum_{i=1}^{n} f_i},$$

где f_i - частоты повторений соответствующих вариантов признака.

Для рассматриваемого случая

$$\bar{y} = \frac{49,85}{60} = 0,83.$$

Данные экспертных оценок по каждому фактору сводятся в таблицы. Например, в табл.4 сведены экспертные оценки, характеризующие степень снижения (увеличения) производительности труда рабочего (для монтажников) при увеличении количества рабочих в смену на ограниченном фронте работ.

Таблица 4

Коэффициент снижения (увеличения) производительности труда рабочего (y)	Частоты f (количество экспертов) при увеличении числа рабочих в смену в X раз				Итоговые результаты по строкам
	I,0	I,5	2,0	2,5	
I,I0	-	I	-	-	I
I,00	-	-	-	-	-
0,95	-	4	-	-	4
0,90	-	I5	2	-	I7
0,85	-	I4	3	-	I7
0,80	-	I2	I3	-	25
0,75	-	3	7	5	I5
0,70	-	II	I2	9	32
0,65	-	-	5	6	II
0,60	-	-	II	9	20
0,55	-	-	2	5	7
0,50	-	-	5	I2	I7
0,45	-	-	-	3	3
0,40	-	-	-	6	6
0,35	-	-	-	2	2
0,30	-	-	-	2	2
0,25	-	-	-	-	-
0,20	-	-	-	I	I
Итого	-	60	60	60	I80

Из данных таблицы видно, сколько раз повторяются значения одного признака. С ростом числа рабочих снижается производительность их труда.

В данном случае между рассматриваемыми признаками обнаруживается наличие связи.

Для оценки характера наблюдаемого изменения вычисляется средний у по х, обозначаемый $\bar{y}x$ (изменение коэффициента снижения производительности труда при изменении интенсивности числа рабочих)

при X = I,5

$$\bar{y}x = \frac{I,I\cdot I+0,95\cdot4+0,90\cdot I5+0,85\cdot I4+0,80\cdot I2+0,75\cdot8+0,70\cdot II}{60} = 0,83$$

При X = 2,0

$$\bar{y}x = \frac{0,90\cdot2+0,85\cdot8+0,80\cdot I3+0,75\cdot7+0,70\cdot I2+0,65\cdot5+0,60\cdot II+0,55\cdot2}{60} +$$

$$+\frac{0,50\cdot5}{60} = \frac{4I,85}{60} = 0,70.$$

При X = 2,5

$$\bar{y}x = \frac{0,75\cdot5+0,70\cdot9+0,65\cdot6+0,60\cdot9+0,55\cdot5+0,50\cdot I2+0,45\cdot8+0,40\cdot6}{60} +$$

$$+\frac{0,85\cdot2+0,80\cdot2+0,20\cdot I}{60} = \frac{33,35}{60} = 0,56.$$

Каждому значению X соответствует определенное значение $\bar{y}x$, причем зависимость между рассматриваемыми признаками можно выразить в аналитической форме:

$$\bar{y}_x = f(x)$$

В табл.5 приведены коэффициенты снижения производительности труда для монтажников.

Таблица 5

Рост интенсивности, число раз (X)	Коэффициент снижения производительности труда ($\bar{y}x$)
1,5	0,83
2,0	0,70
2,5	0,56

Росту интенсивности насыщения фронта работ людскими ресурсами в смену по отношению к нормативному или оптимальному их числу на ограниченном фронте работ соответствует неуклонное снижение производительности труда.

При одинаковой средней величине может быть различная вариация, которая показывает, как группируются значения признака вокруг средней величины.

По этому показателю можно судить, насколько типична средняя арифметическая в данной совокупности. Для измерения вариации наиболее простой характеристикой является вариационный размах (R), который определяется по формуле

$$R = y_{max} - y_{min},$$

где y_{max}, y_{min} – соответственно максимальное и минимальное значения признака.

В рассматриваемом примере для вариационного ряда, отражающего снижение (увеличение) производительности труда рабочего (для монтажников) при увеличении количества рабочих в смену в 1,5 раза, вариационный размах равен:

$$R_{(1,5)} = 1,10-0,70=0,40.$$

При увеличении количества рабочих-монтажников в 2,0 и 2,5 раза вариационный размах составляет:

$$R_{(2,0)} = 0,90-0,50=0,40;$$

$$R_{(2,5)} = 0,75-0,20 = 0,55.$$

Размах вариации дает лишь самое общее представление о диапазоне колебаний признака, но не позволяет выявить, как варьируют его значения внутри этих пределов.

Среднее линейное отклонение представляет собой среднюю величину абсолютных значений отклонений от средней арифметической и рассчитывается по формулам:

для простого среднего линейного отклонения

$$\bar{d} = \frac{\sum_{i=1}^{n} |y_i - \bar{y}|}{n};$$

для взвешенного среднего линейного отклонения

$$\bar{d} = \frac{\sum_{i=1}^{n} |y_i - \bar{y}| f_i}{\sum_{i=1}^{n} f_i}.$$

Для рассматриваемого примера среднее линейное отклонение равно:

$$\bar{d}_{(1,5)} = \frac{|(1,10-0,83)x1+(0,95-0,83)x4+(0,90-0,83)x15+(0,85-0,83)x14}{60} +$$

$$+\frac{(0,80-0,83)x12+(0,75-0,83)x3+(0,70-0,83)x11|}{60} = \frac{0,05}{60} = 0,00083;$$

$$\bar{d}_{(2,0)} = \frac{|(0,90-0,70)x2+(0,85-0,70)x3+(0,80-0,70)x13+(0,75-0,70)x7}{60} +$$

$$+ \frac{(0,70-0,70)x12+(0,65-0,70)x5+(0,60-0,70)x11+(0,55-0,70)x2}{60} +$$

$$+ \frac{(0,50-0,70)x5|}{60} = \frac{|(-0,15)|}{60} = 0,0025;$$

$$\bar{d}_{(2,5)} = \frac{|(0,75-0,56)x5+(0,70-0,56)x9+(0,65-0,56)x6+(0,60-0,56)x9}{60} +$$

$$+ \frac{(0,55-0,56)x5+(0,50-0,56)x12+(0,45-0,56)x3+(0,40-0,56)x6}{60} +$$

$$+ \frac{(0,35-0,56)x2+(0,30-0,56)x2+(0,20-0,56)x1|}{60} = \frac{|(-0,25)|}{60} = 0,0042.$$

Дисперсия выражает степень колеблемости изучаемого признака и при точном методе расчета определяется по формулам:

простая дисперсия $\sigma^2 = \frac{\sum_{i=1}^{n}(y_i - \bar{y})^2}{n}$;

взвешенная дисперсия $\sigma^2 = \frac{\sum_{i=1}^{n}(y_i - \bar{y})^2 f_i}{\sum_{i=1}^{n} f_i}$.

Для рассматриваемого случая используются данные табл.6.

Таблица 6

y_i	$y_i - \bar{y}$			$(y_i - \bar{y})^2$			$(y_i - \bar{y})^2 f_i$		
	I,5	2,0	2,5	I,5	2,0	2,5	I,5	2,0	2,5
I,I0	0,27	-	-	0,0729	-	-	0,0729	-	-
0,95	0,I2	-	-	0,0I44	-	-	0,0576	-	-
0,90	0,07	0,20	-	0,0049	0,0400	-	0,0735	0,0800	-
0,85	0,02	0,I5	-	0,0004	0,0225	-	0,0056	0,0675	-
0,80	-0,03	0,I0	-	0,0009	0,0I00	-	0,0I08	0,I300	-
0,75	-0,08	0,05	0,I9	0,0064	0,0025	0,036I	0,0I92	0,0I75	0,I805
0,70	-0,I3	0	0,I4	0,0I69	0	0,0I96	0,I859	0	0,I764
0,65	-	-0,05	0,09	-	0,0025	0,008I	-	0,0I25	0,0486
0,60	-	-0,I0	0,04	-	0,0I00	0,00I6	-	0,II00	0,0I44
0,55	-	-0,I5	-0,0I	-	0,0225	0,000I	-	0,0450	0,0005
0,50	-	-0,20	-0,06	-	0,0400	0,0036	-	0,2000	0,0432
0,45	-	-	-0,II	-	-	0,0I2I	-	-	0,0363
0,40	-	-	-0,I6	-	-	0,0256	-	-	0,I536
0,35	-	-	-0,2I	-	-	0,044I	-	-	0,0882
0,30	-	-	-0,26	-	-	0,0676	-	-	0,I352
0,20	-	-	-0,36	-	-	0,I296	-	-	0,I296
Итого							0,4255	0,6625	I,0065

$\sigma^2_{(1,5)} = \frac{0,4255}{60} = 0,007I$; $\sigma^2_{(2,0)} = \frac{0,6625}{60} = 0,0II0$;

$\sigma^2_{(2,5)} = \frac{I,0065}{60} = 0,0I68$.

При использовании приближенного метода расчета дисперсия определяется по формулам:

простая $$\sigma^2 = \frac{\sum_{i=1}^{n} y_i^2}{n} - \bar{y}^2;$$

взвешенная $$\sigma^2 = \frac{\sum_{i=1}^{n} y_i^2 f_i}{\sum_{i=1}^{n} f_i} - \bar{y}^2.$$

$$\sigma^2_{(1,5)} = \frac{1,10^2 x1 + 0,95^2 x4 + 0,90^2 x15 + 0,85^2 x14 + 0,80^2 x12 + 0,75^2 x3 + 0,70^2 x11}{60} -$$

$$-(0,8308)^2 = \frac{1,21+3,61+12,15+10,115+7,68+1,6875+5,39}{60} - 0,6902 =$$

$$= \frac{41,8425}{60} - 0,6902 = 0,6974 - 0,6902 = 0,0072;$$

$$\sigma^2_{(2,0)} = \frac{0,90^2 x2 + 0,85^2 x3 + 0,80^2 x13 + 0,75^2 x7 + 0,70^2 x12 + 06.65^2 x5 + 0,60^2 x11}{60} +$$

$$+ \frac{0,55^2 x2 + 0,50^2 x5}{60} - (0,6975)^2 =$$

$$= \frac{1,62+2,1675+8,82+3,9375+5,88+2,1125+3,96+0,605+1,25}{60} - 0,49 =$$

$$= \frac{28,8525}{60} - 0,4865 = 0,4975 - 0,4865 = 0,0110;$$

$$\sigma^2_{(2,5)} = \frac{0,75^2 x5 + 0,70^2 x9 + 0,65^2 x6 + 0,60^2 x9 + 0,55^2 x5 + 0,50^2 x12 + 0,45^2 x3}{60} +$$

$$+ \frac{0,40^2 x6 + 0,35^2 x2 + 0,30^2 x2 + 0,20^2 x1}{60} - (0,5558)^2 =$$

$$= \frac{2,8125+4,41+2,535+3,24+1,5125+3,0+0,6075+0,96+0,245+0,18+0,04}{60} -$$

$$-0,3089 = \frac{19,5425}{60} - 0,3089 = 0,3257 - 0,3089 = 0,0168.$$

Расчеты показывают, что приближенный метод вполне приемлем и позволяет достоверно оценить дисперсию. Ошибка вычислений, полученная при расчете $\sigma^2_{(4,5)}$ и равная 0,0001, настолько мала, что ею можно пренебречь.

Дисперсия имеет размерность, равную квадрату размерности изучаемого признака, что делает ее не всегда пригодной и удобной при определении степени колеблемости признака. В связи с этим возникает необходимость определения среднего квадратического отклонения, которое имеет размерность изучаемого признака.

Среднее квадратическое отклонение представляет собой квадратный корень из дисперсии, взятый с положительным знаком, и может быть рассчитано также двумя методами: точным и приближенным (упрощенным).

При расчете точным методом простое среднее квадратическое отклонение определяется по формуле

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(y_i - \bar{y})^2}{n}}$$

а взвешенное по формуле

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{m}(y_i - \bar{y})^2 f_i}{\sum_{i=1}^{m} f_i}}$$

$\sigma_{(1,5)} = \sqrt{0,0071} = 0,0843;$ $\sigma_{(2,0)} = \sqrt{0,0110} = 0,1049;$

$\sigma_{(2,5)} = \sqrt{0,0168} = 0,1296.$

При использовании приближенного метода простое и взвешенное среднее квадратическое отклонение определяют соответственно по формулам:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} y_i^2}{n} - \bar{y}^2};$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{m} y_i^2 f_i}{\sum_{i=1}^{m} f_i} - \bar{y}^2}$$

Для рассматриваемого случая взвешенное среднее квадратическое отклонение, рассчитанное приближенным методом, равно

$$\sigma_{(1,5)} = \sqrt{0,0072} = 0,0849.$$

Значения $\sigma_{(2,0)}$ и $\sigma_{(2,5)}$ при расчете обоими методами совпадают.

При расчете $\sigma_{(1,5)}$ приближенным методом ошибка в вычислениях несколько возросла по сравнению с определением дисперсии, так как $\sigma_{(1,5)} < 1$.

Из примера видно, что разница между величинами среднего квадратического отклонения, полученными разными методами, чрезвычайно мала и ею можно пренебречь. В случае, когда $\sigma^2 > 1$, ошибка вычислений сократится по сравнению с определением дисперсии.

Вариационный размах, среднее линейное отклонение, дисперсия и среднее квадратическое отклонение являются функциями значений изучаемого признака и зависят от его единиц измерения, что создает трудности при сопоставлении нескольких рядов распределения. В связи с этим появляется необходимость в вычислении показателя вариации, характеризующего колеблемость изучаемого признака не в абсолютных, а в относительных единицах измерения. Таким показателем является коэффициент вариации, который определяется по формуле

$$V = \frac{\sigma}{\bar{y}} \cdot 100,$$

где V - коэффициент вариации, %;

σ - среднее квадратическое отклонение;

$\bar{y}$ - средняя арифметическая величина.

Определим коэффициент вариации для рассматриваемого случая:

$$V_{(1,5)} = \frac{0,0843}{0,83} \cdot 100\% = 10,16\%;$$

$$V_{(2,0)} = \frac{0,1049}{0,70} \cdot 100\% = 14,99\%;$$

$$V_{(2,5)} = \frac{0,1296}{56} \cdot 100\% = 23,14\%$$

Сопоставим значения роста количества рабочих в смену и коэффициентов снижения производительности труда. Так, значению коэффициента снижения производительности труда 0,75 в среднем соответствует величина роста интенсивности

$$\bar{y}_x = \frac{3x1,5+7x2,0+5x2,5}{15} = \frac{31}{15} = 2,07 \text{ раза.}$$

В рассматриваемом случае имеет место линейная корреляционная связь, т.е. зависимость, соответствующая уравнению прямой,

$$y_x = a + bx$$

где y_x - ордината прямой;

a и b - параметры уравнения;

x - различные значения признака.

Параметр a представляет собой коэффициент снижения производительности труда независимо от увеличения количества рабочих в смену. Параметр b - норма снижения производительности труда на единицу увеличения интенсивности числа рабочих и является коэффициентом регрессии, который определяет угол наклона прямой к оси абсцисс и показывает величину среднего изменения y на единицу x.

Для определения неизвестных параметров a и b следует применять метод наименьших квадратов. Система "нормальных" уравнений для определения неизвестных параметров по способу наименьших квадратов имеет вид:

$$\begin{cases} na + b\sum x = \sum y \\ a\sum x + b\sum x^2 = \sum xy \end{cases}.$$

Результаты расчета теоретической линии регрессии для зависимости У от Х приведены в табл. 7.

Таблица 7

Данные расчета теоретической линии регрессии

x / y	1,5		2,0		2,5		Σf	Σfy	$(x-\bar{x})f$	$(y-\bar{y})f$	$(x-\bar{x})f \cdot (y-\bar{y})f$	$[(x-\bar{x})f]^2$	$[(y-\bar{y})f]^2$
	f	fy	f	fy	f	fy							
I	2	3	4	5	6	7	8	9	I0	II	I2	I3	I4
I,I0	I	I,I0	-	-	-	-	I	I,I0	-0,5	0,4I	-0,205	0,25	0,I68I
I,00	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0,95	4	3,80	—	—	—	—	4	3,80	-2,0	I,04	-2,08	4,00	I,08I6
0,90	I5	I3,50	2	I,80	-	-	I7	I5,30	-7,5	3,57	-26,775	56,25	I2,7449
0,85	I4	II,90	3	2,55	-	-	I7	I4,45	-7,0	2,72	-I9,04	49,00	7,3984
0,80	I2	9,60	I3	I0,40	-	-	25	20,00	-6,0	2,75	-I6,50	36,00	7,5625
0,75	8	2,25	7	5,25	5	3,75	I5	II,25	+I,0	0,90	+0,90	I,00	0,8I
0,70	II	7,70	I2	8,40	9	6,30	32	22,40	-I,0	0,32	-0,32	I,00	0,I024
0,65	—	-	5	3,25	6	3,90	II	7,I5	+3,0	-0,44	-I,32	9,00	0,I936
0,60	—	-	II	6,60	9	5,40	20	I2,00	+4,5	-I,80	-8,I	20,25	3,24
0,55	-	-	2	I,I0	5	2,75	7	3,85	+2,5	-0,98	-2,45	6,25	0,9604
0,50	-	-	5	2,50	I2	6,00	I7	8,50	+6,0	-3,23	-I9,38	36,00	I0,4329
0,45	—	-	-	-	3	I,35	3	I,35	+I,5	-0,72	-I,08	2,25	0,5I84

Продолжение табл.7

I	2	3	4	5	6	7	8	9	I0	II	I2	I3	I4
0,40	-	-	-	-	6	2,40	6	2,40	+3,I0	-I,74	-5,22	9,00	3,0276
0,35	-	-	-	-	2	0,70	2	0,70	+I,0	-0,68	-0,68	I,00	0,4624
0,30	-	-	-	-	2	0,60	2	0,60	+I,0	-0,78	-0,78	I,00	0,6084
0,25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0,20					I	0,20	I	0,20	+5,0	-0,49	-0,245	0,25	0,240I
Итого													
n	60	-	60	-	60	-	I80	-	-	-	-	-	-
nx	90	-	I20	-	I50	-	-	-	-	-	-	-	-
nx^2	I35	-	240	-	375	-	-	-	-	-	-	-	-
$\sum fy$	-	49,85	-	4I,85	-	33,35	-	I25,05	-	-	-	-	-
$x\sum fy = \sum xy$	-	74,775	-	83,70	-	83,375	-	-	-	-	-	-	-
$[(x-\bar{x})f][(y-\bar{y})f]$	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-I03,275	-	-
$\sum[(x-\bar{x})f]^2$	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	232,50	-
$\sum[(y-\bar{y})f]^2$	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	49,55I7

$\sum nx$ =360; $\sum nx^2$ =750; $x\sum fy = \sum xy$ =24I,85.

$$\bar{X} = \frac{1{,}5\times60+2{,}0\times60+2{,}5\times60}{180} = 2{,}0;$$

$$\bar{y} = \frac{125{,}05}{180} = 0{,}69;$$

$$\begin{cases} 180a + 360b = 125{,}05 \\ 360a + 750b = 241{,}85 \end{cases}$$

$$a = \frac{125{,}05 - 360b}{180};$$

$$360 \cdot \frac{125{,}05-360b}{180} + 750b = 241{,}85;$$

$$250{,}1-720b+750b = 241{,}85;$$

$$30b = -8{,}25 \qquad b = \frac{-8{,}25}{30} = -0{,}275;$$

$$a = \frac{125{,}05-360\cdot(-0{,}275)}{180} = \frac{224{,}05}{180} = 1{,}24;$$

$\bar{y}x = 1{,}24 - 0{,}275\ x.$

Коэффициент корреляции определяется по формуле

$$r = \frac{\sum_{i=1}^{n}(x_i-\bar{x})(y_i-\bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^{n}(x_i-\bar{x})^2\sum_{i=1}^{n}(y_i-\bar{y})^2}};$$

$$r = \frac{-103{,}275}{\sqrt{232{,}50\times49{,}5517}} = -\frac{103{,}275}{\sqrt{11520{,}770\ 107{,}335}} = \frac{-103{,}275}{} = -0{,}962.$$

Ввиду того, что точность (надежность) результатов измерения корреляционной связи в значительной мере зависит от числа сопоставляемых наблюдений, которое нередко бывает ограниченным, целесообразно измерить погрешности (ошибки) вычисленного коэффициента корреляции.

Формула средней ошибки

$$m_r = \frac{1-r^2}{\sqrt{n}} \qquad m_r = \frac{1-(-0,962)^2}{\sqrt{180}} = \frac{0,075}{13,416} = 0,006$$

Численное значение r при достаточно большом числе наблюдений должно превышать среднюю ошибку не менее чем в три раза:

$$\frac{|r|}{m_r} \geqslant 3 \qquad \frac{0,962}{0,006} = 160,33 > 3.$$

В данном случае численное значение r во много раз превосходит свою среднюю ошибку, поэтому изучаемая теснота связи действительна и весьма заметна.

Аналогично выполнены расчеты других показателей, результаты которых приведены в табл.8.

Таблица 8

Показатели	Коэффициент регрессии	Коэффициент корреляции	$\frac{\lvert r\rvert}{m_r} \geqslant 3$
Снижение производительности труда рабочего при увеличении количества рабочих в смену на ограниченном фронте работ для:			
монтажников	-0,28	-0,962	160,33
каменщиков	-0,23	-0,721	20,14
плотников-бетонщиков	-0,25	-0,766	24,87
отделочников	-0,23	-0,707	18,95
Снижение производительности механизма в связи с увеличением количества механизмов в смену на ограниченном фронте работ для:			
башенных кранов	-0,26	-0,698	18,27
гусеничных кранов	-0,23	-0,626	13,82
экскаваторов	-0,21	-0,562	11,02
бульдозеров	-0,18	-0,521	9,59
автокранов	-0,23	-0,595	12,34
автотранспорта	-0,26	-0,611	13,08
Уменьшение оборотов опалубки до износа при ускоренном производстве бетонных работ	-0,13	-0,516	9,43

В результате исследований были найдены численные значения коэффициентов для определения зависимости себестоимости строительно-монтажных работ от продолжительности и их статические характеристики, приведенные в табл. 9-18.

Таблица 9

Коэффициент

снижения производительности труда рабочего при увеличении количества рабочих в смену на ограниченном фронте работ

Профессия рабочих	Значение коэффициента при росте числа рабочих в х раз				Корреляция зависимость вида y=a+b x
	I,0	I,5	2,0	2,5	
Монтажники	I,0	0,83	0,70	0,56	y= I,24-0,28x
Каменщики	I,0	0,87	0,75	0,64	y= I,20-0,23x
Плотники-бетонщики	I,0	0,88	0,76	0,64	y= I,24-0,25x
Отделочники	I,0	0,88	0,77	0,66	y= I,22-0,23x

Таблица IO

Коэффициент

снижения производительности однородных механизмов в связи с увеличением их количества в смену на ограниченном фронте работ

Механизмы	Значение коэффициента при увеличении количества механизмов, число раз		
	I,5	2,0	2,5
Башенные краны	0,82	0,69	0,57
Гусеничные краны	0,83	0,71	0,60
Экскаваторы	0,85	0,76	0,66
Бульдозеры	0,89	0,80	0,71
Автокраны	0,86	0,75	0,64
Автотранспорт	0,81	0,70	0,60

Таблица II

Коэффициент

снижения производительности разнородных механизмов в связи с увеличением их количества в смену на ограниченном фронте работ

Варианты сочетаний механизмов	Коэффициент снижения производительности основного механизма
Башенный и гусеничный краны	0,91
Башенный кран и автокран	0,84
Гусеничный и башенный краны	0,91
Гусеничный кран и автокран	0,85
Автокран и башенный кран	0,88
Автокран и гусеничный кран	0,89
Бульдозер и экскаватор	0,97
Экскаватор и бульдозер	0,97

Таблица 12

Коэффициент

уменьшения оборотов опалубки до износа при ускоренном производстве бетонных работ по сравнению с нормативными сроками

Ускорение производства бетонных работ (время), число раз	Значения коэффициента
I,5	0,80
2,0	0,66
2,5	0,53

Таблица I3

Коэффициент

снижения производительности труда рабочего при организации работ во вторую и третью смены

Профессия рабочих	Значения коэффициентов по сменам		
	первая	вторая	третья
Монтажники	I,0	0,93	0,78
Плотники-бетонщики	I,0	0,92	0,80
Отделочники	I,0	0,84	0,67
Каменщики	I,0	0,92	0,79

Таблица I4

Статистическая характеристика данных снижения производительности труда рабочего при увеличении количества рабочих в смену по отношению к нормативному или оптимальному их числу на ограниченном фронте работ

Увеличение количества рабочих (по профессиям), число раз		Средняя арифметическая (коэффициент)	Размах вариации	Среднее линейное отклонение	Среднее квадратическое отклонение	Дисперсия	Коэффициент вариации
Монтажники	I,5	0,83	0,40	0,0008	0,0843	0,007I	I0,I6
	2,0	0,70	0,40	0,0025	0,I049	0,0II0	I4,99
	2,5	0,56	0,55	0,0042	0,I296	0,0I68	23,I4
Каменщики	I,5	0,87	0,30	0,0050	0,0625	0,0039	7,I8
	2,0	0,75	0,60	0,0008	0,II96	0,0I43	I5,95
	2,5	0,64	0,45	0,00I7	0,0990	0,0098	I5,47
Плотники-бетонщики	I,5	0,88	0,50	0,0025	0,0755	0,0057	8,58
	2,0	0,76	0,40	0,0008	0,0819	0,0067	I0,78
	2,5	0,64	0,60	0	0,I049	0,0II0	I6,39
Отделочники	I,5	0,88	0,50	0,0025	0,0860	0,0074	9,77
	2,0	0,77	0,50	0,0050	0,0927	0,0086	I2,04
	2,5	0,66	0,60	0,0008	0,II22	0,0I26	I7,00

Таблица I5

Статическая характеристика данных снижения производительности механизма в связи с увеличением количества механизмов в смену на ограниченном фронте работ (для однородных механизмов)

Увеличение количества механизмов, число раз	Средняя арифметическая	Размах вариации	Среднее линейное отклонение	Среднее квадратическое отклонение	Дисперсия	Коэффициент вариации
Башенные краны						
I,5	0,82	0,30	0,0008	0,080I	0,0064	9,77
2,0	0,69	0,40		0,II27	0,0I27	I6,33
2,5	0,57	0,50	0,0025	0,I3I5	0,0I73	23,07
Гусеничные краны						
I,5	0,83	0,30	0,00I7	0,0825	0,0068	9,94
2,0	0,7I	0,40	0,0033	0,I200	0,0I44	I6,90
2,5	0,60	0,50	0,0050	0,I389	0,0I93	23,I5
Экскаваторы						
I,5	0,85	0,30	0,0008	0,0927	0,0086	I0,9I
2,0	0,76	0,45	0,0025	0,I356	0,0I84	I7,84
2,5	0,66	0,70	0,0042	0,I664	0,0277	25,2I
Бульдозеры						
I,5	0,89	0,40	0	0,0860	0,0074	9,66
2,0	0,80	0,50	0,00I7	0,I330	0,0I77	I6,63
2,5	0,7I	0,70	0,0033	0,I625	0,0264	22,89
Автокраны						
I,5	0,86	0,30	0	0,0787	0,0062	9,I5
2,0	0,75	0,50	0,0008	0,II58	0,0I34	I5,44
2,5	0,64	0,50	0,0025	0,I26I	0,0I59	I9,70
Автотранспорт						
I,5	0,8I	0,50	0,0008	0,II05	0,0I22	I3,64
2,0	0,70	0,60	0,0025	0,I367	0,0I87	I9,53
2,5	0,60	0,70	0,0042	0,I382	0,0I9I	23,03

Таблица I6

Статистическая характеристика

данных снижения производительности механизма в связи с увеличением количества механизмов в смену на ограниченном фронте работ (для разнородных механизмов)

Варианты сочетаний механизмов	Средняя арифметическая	Размах вариации	Среднее линейное отклонение	Среднее квадратическое отклонение	Дисперсия	Коэффициент вариации
Башенный и гусеничный краны	0,9I	I,00	0,0008	0,2II7	0,0448	23,26
Башенный кран и автокран	0,84	0,90	0,0025	0,2644	0,0699	3I,48
Гусеничный и башенный краны	0,9I	I,00	0,0033	0,2968	0,088I	32,62
Гусеничный кран и автокран	0,85	0,90	0,0042	0,3036	0,0922	35,72
Автокран и башенный кран	0,88	0,90	0,00I7	0,2468	0,0609	28,05
Автокран и гусеничный кран	0,89	0,90	0,0025	0,I625	0,0264	I8,26
Бульдозер и экскаватор	0,97	0,90	0,00I7	0,2532	0,064I	26,I0
Экскаватор и бульдозер	0,97	0,90	0,0008	0,2383	0,0568	24,57

Таблица I7

Статистическая характеристика

данных уменьшения оборотов опалубки до износа при ускоренном производстве бетонных работ по сравнению с нормативными сроками

Ускорение производства бетонных работ, число раз	Средняя арифметическ.	Размах вариации	Среднее линейн. отклон.	Среднее квадрат. отклон.	Дисперсия	Коэффициент вариации
I,5	0,80	0,65	0,00I7	0,I364	0,0I86	I7,05
2,0	0,66	0,95	0,0033	0,2987	0,0892	45,26
2,5	0,58	I,I5	0,0042	0,2546	0,0648	48,08

Таблица I8

Статистическая характеристика

данных снижения производительности труда рабочего при организации работ во вторую и третью смены

Профессия рабочих	Средн. арифметическая	Размах вариации	Среднее линейное отклонение	Среднее квадратическое отклонение	Дисперсия	Коэффициент вариации
Монтажники:						
II смена	0,93	0,70	0,0017	0,1439	0,0207	I5,47
III смена	0,78	0,60	0,0033	0,1187	0,0141	I5,22
Каменщики:						
II смена	0,92	0,70	0	0,1281	0,0164	I3,92
III смена	0,79	0,50	0	0,1386	0,0192	I7,54
Плотники-бетонщики:						
II смена	0,92	0,40	0,0042	0,1131	0,0128	I2,29
III смена	0,80	0,50	0,0050	0,1192	0,0142	I4,90
Отделочники:						
II смена	0,84	0,60	0	0,1389	0,0198	I6,54
III смена	0,67	0,60	0,0025	0,1221	0,0149	I8,22

3. МОДЕЛЬ И ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ЗАВИСИМОСТИ СЕБЕСТОИМОСТИ СТРОИТЕЛЬНО-МОНТАЖНЫХ РАБОТ ОТ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ СТРОИТЕЛЬСТВА ОБЪЕКТОВ

Задачи шахтостроительного производства, как правило, отличаются значительной размерностью, наличием нелинейных связей, локальных экстремумов и элементов случайности, необходимостью рассмотрения их в динамике с резким понижением достоверности информации при увеличении обозреваемого периода. По этой причине решение вручную задач взаимоувязки очень сложно, а подчас и невозможно из-за больших затрат труда по подсчетам многочисленных вариантов решений.

Для решения такой сложной задачи, как выбор варианта календарного плана с учетом принятой технологии и организации строительства шахты на всех этапах - от обеспечения нужд строительства до ввода комплекса в эксплуатацию, необходимо использовать экономико-математические методы и электронно-вычислительную технику.

С целью упрощения постановки и решения задач управления сложной вероятностной динамической системой, какой является строительство шахты, широкое применение находят различные модели. Понятие модели связано с определенным сходством между двумя объектами.

Наиболее важное значение имеет сходство объектов по определенным чертам их поведения, позволяющее при исследовании моделировать все изменения. Модель должна удовлетворять ряду требований, таких как отражение существующих связей, важных для решения данной задачи, наглядность, наличие хорошо просматриваемой

структуры , компоновки, понятность и несложность используемого языка.

При определении зависимости себестоимости выполнения строительно-монтажных работ от продолжительности строительства объекта наиболее целесообразно использовать сетевые модели, применяемые в системе сетевого планирования и управления (СПУ) в строительном производстве.

Объектом управления в системах СПУ является коллектив, располагающий определенными ресурсами (людскими, материальными, финансовыми и др.) и выполняющий проект, призванный обеспечить достижение конечной цели. Важная особенность систем СПУ - системный подход к вопросам организации управления, согласно которому коллективы исполнителей, принимающие участие в строительстве объектов и объединенные общностью поставленной перед ними задачи, несмотря на различную ведомственную подчиненность, рассматриваются как звенья единой сложной организационной системы.

Система сетевого планирования и управления, базирующаяся на применении сетевых графиков и электронно-вычислительной техники, имеет преимущества по сравнению с традиционными методами. Основные из них - высокая наглядность, оперативность, возможность оценки положения дел на стройке в любой заданный момент времени.

3.I. Этапы и их модели

В производственной сфере деятельности шахтостроительных организаций важную роль играют методы и способы строительно-монтажных работ, последовательность и сроки их выполнения, организация ритмичного производства с концентрацией ресурсов на работах и объектах критического пути.

На стадии инженерной подготовки производства в процессе формирования календарного плана строительной организации или сооружения отдельной шахты необходимо выделить три основных этапа:

I этап - разработка различных вариантов технологии выполнения строительных процессов. Элементарной производственной единицей, имеющей одну количественную оценку, является операция. Параметры операций используются в качестве исходных данных для расчета нормативов на работу сетевого графика. При этом в зависимости от организации элементарных операций, их последовательности и пропорций могут существенно изменяться на протяжении рассматриваемого периода времени и параметры работы.

На каждый строительный процесс разрабатывается технологическая карта, как модель, отражающая способ выполнения работы и соответствующие ему оценочные показатели: продолжительность, трудоемкость, количество исполнителей, затраты машинного времени и расчетную себестоимость. Из разработанных вариантов технологии производства отдельных видов работ (технологических карт) необходимо создать картотеку нормативов, обновляемую по мере совершенствования строительных машин, механизмов, конструкций, материалов и т.д.

Таким образом, вариант технологической карты выступает как модель и норматив для каждого вида и способа выполнения работ, включающий стоимостные и временные оценки.

II этап - разработка вариантов последовательности выполнения работ (создания объекта). Наиболее приемлемой моделью организации строительства объекта является комплексный рабочий сетевой график, отражающий весь процесс строительства объекта (узла).

детализированный по отдельным работам, выполняемым в строгой технологической последовательности.

Все временные и стоимостные оценки, соответствующие различным технологическим схемам (т.е. варьирование оценок, полученных на I этапе), должны быть отражены в матрицах показателей работ сетевого графика на объект.

Модели для объектов массового (повторного) строительства могут быть разработаны заранее.

I этап - выбор модели поточного строительства всех объектов, входящих в состав пускового комплекса шахты или годовой программы работ строительной генподрядной организации. На данном этапе предусматриваются оптимизация календарного плана выполнения строительно-монтажных работ с учетом концентрации ресурсов, формирование плана для строительных организаций, обеспечивающего минимальные издержки производства, равномерную и непрерывную загрузку исполнителей при обязательном соблюдении сроков сооружения объектов и ввода шахты в эксплуатацию в установленные сроки.

Для этой цели целесообразно применить модель в виде структурно-поточного сетевого графика. В таком графике увязываются в непрерывные долговременные потоки специализированные и комплексные бригады и закрепленные за ними механизмы.

3.2. Разработка моделей по этапам

На первом этапе при составлении проекта производства работ определяют оптимальную технологию строительно-монтажных работ с учетом реальных для данной строительной организации условий, имеющейся мощности, средств механизации, возможной степени укрупнения конструкций и наличия транспортных средств. Такой проект должен учитывать организационно-технические мероприятия по периодам

строительства шахты, а именно: сокращение продолжительности строительства в пределах рациональной технологической последовательности выполнения работ, снижение трудоемкости и себестоимости выполнения работ, повышение уровня механизации, внедрение передовых методов труда и т.д.

На данном этапе по критерию минимальных трудовых затрат с учетом наличия потребных ресурсов выбирают типовые технологические карты производства строительно-монтажных работ, которые содержат сведения о нормативном ресурсном обеспечении и рассчитанные на единицу конечной продукции оценочные показатели: нормативные затраты труда и заработной платы (рабочих), продолжительность выполнения работ (в сменах), выработку рабочего в смену, физические объемы работ, трудовые ресурсы (по квалификации рабочих), ресурсы механизации.

На втором этапе для сооружения каждого объекта (узла) разрабатывается комплексный рабочий сетевой график с матрицей показателей работ (нормативная база).

Сетевой график дает возможность неоднократно рассчитывать продолжительность строительства объектов в зависимости от принятых технологических схем и сочетания различных способов выполнения строительных процессов, а применение ЭВМ позволяет рассчитывать продолжительность, интенсивность и стоимостные характеристики по каждому варианту.

Продолжительность выполнения работ рассчитывается по формулам:

для случая, когда машинами и механизмами выполняются вспомогательные операции,

$$t_{ij} = \frac{Q_{ij}}{n^{p}_{ij} K_{ij}};$$

для случая с использованием основных машин

$$t_{ij} = \frac{M_{ij}}{n^{m}_{ij} K_{ij}},$$

где t_{i-j} - продолжительность выполнения работы;

Q_{i-j}, M_{i-j} - трудоемкость по нормам соответственно в человеко-днях или машино-сменах для данной работы;

n^{p}_{i-j}, $n^{м}_{i-j}$ - соответственно количество рабочих или машин, участвующих в данной работе;

K_{i-j} - принятый коэффициент выполнения норм выработки данной бригадой или механизмом.

Матрица показателей работ сетевого графика составляется в процессе разработки проекта производства работ. При этом из каталога технологических карт по оценочным показателям выбирается экономически выгодный вариант с учетом наличия строительных машин и механизмов и структурного подразделения исполнителей. Объемы работ для выбранного варианта определяются по каждой работе сетевого графика объекта (узла) в таких же единицах измерения конечной продукции.

Выбор рациональных технологических решений последовательности выполнения строительно-монтажных работ по отметкам и захваткам строительства дает возможность разработать и описать модели возведения объекта.

На третьем этапе все объекты пускового комплекса увязывают в единую модель строительства шахты (разреза) для обеспечения ввода его в эксплуатацию в установленные директивные сроки при оптимальной продолжительности строительства каждого объекта с учетом минимальной себестоимости выполнения строительно-монтажных работ. С этой целью целесообразно применять узловой метод проектирования, подготовки, организации и управления строительством крупных сложных угледобывающих предприятий, предусмотренных постановлением Госстроя СССР от 15 мая 1978г. № 85, с исполь-

зованием моделей в виде директивных и рабочих узловых сетевых графиков.

Эти модели учитывают все условия строительства данного комплекса, в том числе продолжительность и задел по строительству, и должны стать основой составления планов капитальных вложений, строительно-монтажных работ и распределения их объемов по годам и кварталам, а также планов финансирования строительства и материально-технического снабжения, подготовки производства и организации управления строительством комплекса шахты (разреза).

При проектировании системы управления для строительной организации разрабатывается модель в виде структурных поточных сетевых графиков, которые отражают последовательность производства строительно-монтажных работ, выполняемых одной строительной организацией собственными силами по всем объектам годовой программы. Эти графики увязывают в специализированные потоки работы и объекты с учетом равномерного и непрерывного использования ресурсов (рабочих бригад) и распределения объемов выполнения работ по времени.

Структурные поточные сетевые графики являются календарным планом выполнения работ строительно-монтажной организации на годовую программу и предназначены для:

а) увязки работы исполнителей генподрядных и субподрядных организаций в специализированные потоки с учетом равномерного и непрерывного использования рабочих бригад на протяжении планируемого периода;

б) увязки всех рабочих сетевых графиков в специализированные потоки;

в) определения продолжительности строительства объектов (этапов), сроков предоставления фронта работ смежным исполнителям

и ввода объектов (комплексов) в эксплуатацию;

г) определения величины задела с целью ввода объектов в эксплуатацию в установленные сроки в последующие годы;

д) расчета технико-экономических показателей годовых и квартальных планов на основе технологической последовательности выполнения планируемых работ;

е) расчета потребности в материальных ресурсах с распределением их по кварталам и месяцам планируемого года;

ж) управления ходом работ.

Для обеспечения равномерной загрузки всех исполнителей в течение года применяются следующие способы выравнивания графика потока:

- перемещение работ в пределах их частного резерва времени;

- обеспечение людскими ресурсами (с минимальными ограничениями) строительства комплекса, имеющего установленные народнохозяйственным планом директивные сроки сдачи в эксплуатацию;

- перемещение узлов (объектов) внутри комплекса по времени в зависимости от продолжительности их строительства. Выполнение работ на объектах с малой продолжительностью строительства может планироваться в начале, середине или в конце строительства комплекса, а также с разрывами (периодичностью), т.е. с ограничением по ресурсам;

- строительство объектов, не имеющих директивных сроков сдачи, - с ограничением по ресурсам (сроки начала, окончания и продолжительность строительства определяются структурным графиком);

- определение необходимого задела (капиталовложений), обеспечивающего выполнение объемов работ с целью ввода объектов в сроки, установленные в последующие годы, с учетом равномерной загрузки исполнителей на протяжении планируемого года.

Таким образом, при исследовании зависимости "время-себестоимость" по одному объекту необходимо учитывать возможность выравнивания графика распределения ресурсов по всем объектам генподрядной строительной организации, а также мощность строительной организации и ее распределение по всем объектам годовой программы. Увеличение интенсивности выполнения работ на одном объекте вызывает простои на других объектах и удорожание их стоимости. Снятие ресурсов с объектов приводит к нарушению графика потока. При расчете вариантов нужно учитывать эти изменения на исследуемом объекте, а также издержки производства по другим объектам.

3.3. Нормативная база

При моделировании различных вариантов технологии и организации производства работ для определения их себестоимости используются производственные нормы, более точно отражающие реальные затраты средств и ресурсов, необходимых для осуществления строительства.

В период подготовки производства на основе производственных норм определяются стоимостные оценки отдельных работ и сооружения объекта в целом.

В шахтном строительстве необходимо использовать три вида нормативов:

нормативно-справочную базу - показатели и оценки технологических карт на все виды работ, а также все нормы, утвержденные Госстроем СССР, местные, производственные и другие, рассчитанные на единицу объема работы, изделия и т.д., записанные на машинные носители информации;

нормативную базу (матрицы показателей), рассчитанную для каждой работы сетевого графика для текущего и оперативного

планирования, регулирования и учета;

укрупненные нормы на I млн.руб. сметной стоимости строительно-монтажных работ по объектам - представителям отрасли на все ресурсы типа "мощность" и номограммы, которые используются для формирования перспективных и предварительных годовых планов.

Нормативная база для инженерной подготовки производства и управления строительством должна основываться на библиотеке технологических карт с оценочными показателями, охватывающими все виды строительно-монтажных работ и возможные методы их выполнения.

Каждая технологическая карта содержит необходимый перечень показателей и оценок, которые хранятся в памяти ЭВМ и используются при формировании матриц показателей работ сетевого графика для планирования, учета и отчетности, а также контроля за ходом выполнения работ на различных уровнях управления и этапах. Такой подход упрощает подготовку исходной информации (матриц показателей), повышает достоверность получаемых документов и сокращает время решения задач.

Нормативная база на объем работ сетевого графика (матрицы) автоматически рассчитывается по специально созданным программам на ЭВМ на основе оценочных показателей технологических карт, нормативно-справочной базы и информации о фактических объемах на измеритель конечной продукции.

В информации содержатся данные об объекте (узле): шифры работ сетевого графика и применяемой технологической карты; объемы работ, исчисленные в единицах измерения конечной продукции типовой технологической карты; сметная стоимость строительно-монтажных работ сетевого графика; шифры организации и специаль-

ности бригады, которая будет выполнять данную работу сетевого графика; планируемый квартал выполнения работ (из директивного поуэлового сетевого графика); принятая сменность выполнения работ.

По другой форме составляется перечень специфицированных материалов и изделий с указанием их количества в натуральных и приведенных измерителях, необходимых для выполнения конкретной работы сетевого графика.

При формировании нормативных массивов, кроме массива показателей технологических карт и специально подготовленной информации, используются нормативно-справочные и справочные массивы, которые готовятся заблаговременно и применяются по мере необходимости.

Наличие такой нормативной базы для функционирования системы управления позволяет обоснованно вести планирование, учет и регулирование деятельности всех звеньев строительной организации.

Сущность создания нормативной базы состоит в приведении всех существующих норм к единому измерителю, предусмотренному сборниками ЕНЕР.

3.4. Описание блок-схемы формирования нормативной базы

Блок-схема формирования нормативной базы в строительстве приведена на рис.1.

В объем работ генподрядного шахтостроительного треста входит несколько пусковых комплексов и отдельно строящихся объектов. Строительство каждого объекта, в свою очередь, делится на определенные виды работ и конструктивы, каждый из которых можно расчленить по захваткам, осям, отметкам, районам и т.д.

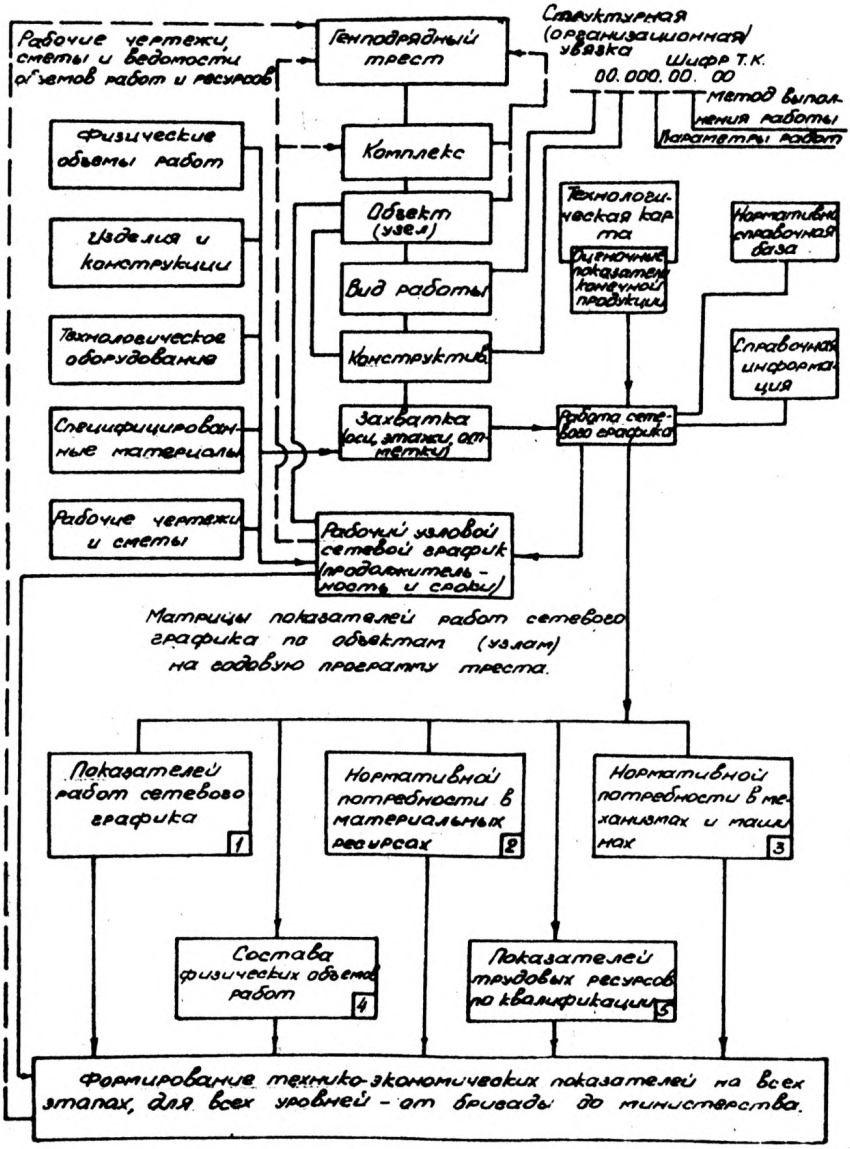


Рис. 1. Блок-схема формирования нормативной базы.

Техническая документация, разрабатываемая проектными институтами, должна иметь единую форму для возможности использования ее в качестве исходной информации для создания нормативной базы.

При наличии комплекта рабочей технической документации в составе рабочих чертежей, смет и ведомостей физических объемов работ, изделий и конструкций, технологического оборудования, специфицированных материалов по захваткам (осям, отметкам, районам) становится возможным разработать в составе проекта производства работ топологию сети и выбрать из каталога технологических карт для каждой работы экономически выгодный вариант по оценочным показателям.

Наличие оценочных показателей на единицу конечной продукции, приведенной к единому измерителю, предусмотренному в сборниках ЕРЕР, ведомостей объемов работ и ресурсов по захваткам, выраженных в таких же единицах измерения, позволит автоматически формировать все показатели и оценки для каждой работы сетевого графика (матрицы), рассчитывать параметры сетевого графика на объект (узел) и в целом на шахту, а также по всем объектам строительной организации.

На основании оценочных показателей технологических карт, нормативно-справочных массивов и информации об объемах работ на ЭВМ формируются нормативные массивы по работам сетевых графиков для каждого объекта и комплекса. Распечатка массивов с магнитных лент выдается в виде пяти матриц показателей работ сетевого графика:

матрица № I показателей работ сетевого графика;

матрица № 2 нормативной потребности в материальных ресурсах на работу сетевого графика;

матрица № 3 нормативной потребности в машинах и механизмах на работу сетевого графика;

матрица № 4 состава физических объемов на работу сетевого графика;

матрица № 5 показателей трудовых ресурсов (рабочих по квалификации).

Наличие нормативной базы, созданной по работам сетевого графика на все объекты годовой программы, и моделей в виде рабочих узловых сетевых графиков, структурных поточных сетевых графиков на годовую программу работ строительной организации позволяет исследовать зависимость "время-себестоимость" и установить нормы продолжительности строительства объекта в составе пускового комплекса с учетом минимальной себестоимости выполнения строительно-монтажных работ, а также автоматизировать все процессы планирования, учета, анализа и регулирования на всех этапах строительства и на всех уровнях - от бригады до министерства.

4. ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ СТРОИТЕЛЬСТВА ОБЪЕКТА ПО КРИТЕРИЮ МИНИМАЛЬНОЙ СЕБЕСТОИМОСТИ СТРОИТЕЛЬНО-МОНТАЖНЫХ РАБОТ

4.1. Формирование организационно-технологических вариантов

Для разработки организационно-технологических вариантов необходимо выявить и упорядочить признаки, по которым они формируются, и формализовать процесс составления вариантов технологии и организации строительного производства, используя при этом следующие методы (приемы):

- интенсификацию выполнения работ путем маневрирования количеством ресурсов (рабочих, комплектов машин и т.д.), а также за счет изменения режима работ (интенсивности и сменности);

- совмещение процессов во времени путем разделения строительства объекта на захватки (ярусы, монтажные участки) и предоставление другим исполнителям фронта работ для их параллельного выполнения;

- изменение очередности выполнения работ и перенесение их с критических путей на некритические;

- изменение конструктивных решений (замена трудоемких процессов и конструкций менее трудоемкими);

- улучшение технологических решений.

Для выявления зависимости "время-себестоимость" разрабатывается исходный вариант графика, в котором продолжительность строительства объекта равна или максимально близка к фактически достигнутой. Расчетная себестоимость выполнения работ по исходному варианту принимается равной сметной стоимости без плановых накоплений.

Наличие нормативной базы в виде матрицы показателей работ, характеризующей каждую работу сетевого графика объекта, позволяет получить суммарные итоги по показателям: сметной стоимости, нормативно-производственной трудоемкости и основной заработной плате.

В матрице в графе "Сметная стоимость" итог должен равняться сумме утвержденной сметы. Нормативная производственная трудоемкость и основная заработная плата зависят от выбранного организационно-технологического варианта.

Для исследования зависимости "время-себестоимость" необходимо разработать набор вариантов графиков строительства объекта путем последовательного изменения длины критического пути исходного варианта сетевого графика в заданных равных интервалах времени.

Каждое изменение длины критического пути на один интервал условно назовем вариантом. Исследования показали, что для выявления искомой формы кривой, отображающей зависимость себестоимости строительно-монтажных работ от продолжительности строительства, необходимо выполнить по 10 вариантов на сокращение и увеличение продолжительности строительства объектов.

Варианты разрабатываются опытными специалистами - технологами, хорошо изучившими технологию возведения данного объекта.

Совокупность всех вариантов, разработанных на основе исходного графика одним исполнителем, назовем оптимизацией. Каждую новую оптимизацию выполняют другие исполнители, что дает возможность получить набор различных методов изменения продолжительности строительства, а также исключить влияние субъективных факторов при исследовании зависимости "время-себестоимость".

По каждому объекту достаточно проводить 6-7 оптимизаций для получения на ЭВМ теоретической линии регрессии и построения расчетной кривой. Дальнейшее увеличение количества оптимизаций не вызывает ее существенных отклонений. Интервалы изменения длины критического пути для каждого объекта могут измеряться в месяцах, неделях или рабочих днях, в зависимости от продолжительности, принятой в исходном варианте, и минимально возможной по технологии продолжительности строительства рассматриваемого объекта.

По каждому объекту рассматривается 12I или 14I вариант изменения продолжительности строительства. При этом в каждом интервале изменения получено по 6-7 значений себестоимости, что позволяет провести корреляционный анализ с достаточной степенью достоверности.

4.2. Определение изменения себестоимости строительства по вариантам

Исходный вариант комплексного рабочего сетевого графика строительства исследуемого объекта разрабатывается на основе технологических карт, обеспечивающих экономически наиболее целесообразный вариант технологии строительного процесса, а продолжительность строительства объекта определяется по рациональной технологии выполнения работ с учетом равномерного потребления ресурсов на всех объектах. Тогда календарный график работ подрядной организации будет достаточно близким к оптимальному варианту. Следовательно, изменения структуры работ, метода или технологической последовательности их выполнения в годовом графике с целью сокращения продолжительности строительства одного объекта вызывают изменения продолжительности и интенсивности ведения работ на других объектах.

Сокращение продолжительности строительства объекта влияет на величину затрат за счет уменьшения накладных расходов и увеличения прямых затрат на выполнение работ. До определенного момента снижение накладных расходов превышает по абсолютной величине рост прямых затрат, вследствие чего происходит снижение себестоимости строительства. При дальнейшем сокращении продолжительности строительства объекта величина прямых затрат становится больше суммы снижения накладных расходов, в результате чего себестоимость начинает возрастать. Таким образом, существует некоторая оптимальная продолжительность строительства объекта по критерию минимальной себестоимости.

Значительное сокращение продолжительности строительства объектов не всегда экономически выгодно для строительных организаций, хотя для заказчика оно эффективно и способствует росту прибыли. При увеличении продолжительности строительства (по сравнению с нормативной) себестоимость возрастает за счет увеличения постоянной части накладных расходов, распыления ресурсов, увеличения оборотных средств, простоев механизмов и др. Вследствие увеличения продолжительности по вине заказчика (несвоевременное обеспечение проектной документацией и оборудованием, задержка финансирования) строительные организации несут большие убытки.

Себестоимость строительно-монтажных работ определяется как сумма издержек по статьям затрат (материалы, основная заработная плата, эксплуатация машин и механизмов, накладные расходы) с учетом организационно-технических мероприятий по снижению себестоимости. В плановую себестоимость включаются также затраты, компенсируемые заказчиком сверх сметной стоимости.

Величину колебания себестоимости работ в связи с изменением интенсивности их выполнения или под влиянием других факторов определяют для каждого варианта по отношению к исходному расчетным путем, используя при этом нормативную базу. Для сравнения себестоимости по различным вариантам продолжительности строительства объекта должна быть выявлена зависимость, выраженная количественно в виде функций от тех или иных факторов - аргументов.

В общем случае себестоимость является функцией многих факторов-аргументов:

$$C^c = f(V, N, \alpha, \beta \ldots x),$$

где C^c - себестоимость строительства;

V - объем работ на площадке;

N - производительность рабочих или машин;

α, β, x - факторы-аргументы.

Часть величин (объем выполняемых работ, нормы расхода материалов и др.) является постоянной; часть (режим работы, тип и количество машин, количество и квалификация рабочих и др.) - независимой переменной; часть (продолжительность зимнего периода) - вероятностной переменной; часть величин (продолжительность выполнения отдельных работ, выработка рабочих и производительность машин, затраты на их эксплуатацию, расходы на заработную плату) - зависимой переменной.

При наличии всех перечисленных величин оптимизация сводится: на стадии разработки исходного варианта - к определению продолжительности строительства объекта ($t_{кр}$), обеспечивающей плановую себестоимость ($C^c_{пл.}$); на стадии исследования изменения продолжительности выполнения работ (Δt_{ij}) - к прогнозу сроков их выполнения с учетом минимальных превышений себестоимости

Величина издержек строительной организации по статьям затрат в составе себестоимости изменяется в зависимости от конкретных условий производства работ, принятой технологии и организации строительства. Кроме того, на величину себестоимости влияют природные, технические, организационные, экономические и социальные факторы.

Поскольку в настоящее время теоретическая разработка проблемы находится на уровне предварительных исследований и многие закономерности строительного производства известны только с качественной стороны, а для количественного их определения не имеется нормативов, то при выполнении расчетов по вариантам определяются только те элементы себестоимости, которые в настоящее время имеют количественную оценку.

4.3. Процедура составления (разработки) вариантов

Для составления вариантов графиков исполнители должны иметь следующие документы:

- исходный вариант рабочего сетевого графика, увязанный технологическими и ресурсными зависимостями в общем годовом плане подрядных работ строительной организации. На графике должны быть указаны исполнитель и продолжительность выполнения каждой работы, нанесен критический путь и рассчитаны его длина, ранние сроки свершения начальных событий ($T_i^{рн}$), а также потенциалы обратного счета ($t_i^{обр}$), т.е.значения длины максимального из путей, проходящих от данного до завершающего события сетевого графика;

- матрицу показателей работ, рассортированную по возрастанию их шифров, с указанием полного наименования каждой работы, ее физического объема, нормативных производственных затрат труда,

продолжительности и интенсивности выполнения, количества машиносмен и механизмов, суммы основной заработной платы и сметной стоимости.

В конце матрицы должны быть подсчитаны итоговые суммы нормативных затрат труда, основной заработной платы и сметной стоимости, а также расчетной себестоимости, полученной путем уменьшения сметной стоимости на величину плановых накоплений;

- проект производства работ с комплектом технологических карт с оценочными технико-экономическими показателями по каждой работе исходного варианта сетевого графика;

- план и разрез объекта с указанием осей и отметок.

Эти документы позволят исполнителям получить необходимое представление о каждой работе графика, а также разработать варианты для оптимизации.

Нумерация вариантов графиков с уменьшением продолжительности строительства на один интервал начинается с номера 1 с индексом "с" (сокращение), затем с номером 2с, 3с и т.д., а с увеличением продолжительности - с номера 1 с индексом "у" (увеличение), затем 2у, 3у и т.д.

Продолжительность строительства объекта сокращается за счет работ критической зоны, т.е. работ, общие резервы времени которых меньше величины интервала сокращения продолжительности. В каждом случае выбирают такие работы и методы уменьшения их продолжительности, при которых обеспечивается минимальное увеличение прямых затрат. При изменении методов и условий выполнения работ следует принять другую или разработать новую технологическую карту и рассчитать все показатели для внесения изменения в матрицы.

Изменения, произведенные в каждом варианте, наносят на исходный вариант графика определенным цветом. После разработки

нового варианта и уточнения сетевого графика рассчитывают потенциалы прямого и обратного счета, определяют длину критического пути и наносят его на график другим принятым цветом.

Чем больше сокращается продолжительность строительства, тем у большого числа работ критической и подкритической зон изменяется интенсивность их выполнения.

Все принятые по варианту решения заносятся в специально разработанную карточку изменения себестоимости строительно-монтажных работ при изменении продолжительности строительства. В этой карточке для каждой работы указываются шифр и наименование, продолжительность выполнения по первоначальному и разрабатываемому вариантам, величина изменения продолжительности выполнения в днях, содержание мероприятий, обеспечивающих эти изменения. После этого экономист подсчитывает сумму изменений прямых затрат по записанным в карточку работам и распределяет эту сумму по видам затрат (заработная плата, материалы, эксплуатация машин, прочие затраты).

Скорректированные показатели работ сетевого графика, подвергшихся изменению, в том числе изъятие и дополнение работ, заносятся в матрицу показателей работ сетевого графика.

По специальной программе с ЭВМ выпускается скорректированная матрица, соответствующая новому варианту, с итоговыми значениями сметной стоимости, нормативных трудовых затрат и основной заработной платы. В конце описи определяется расчетная себестоимость с учетом изменения условно-постоянной части накладных расходов при изменении продолжительности строительства объекта.

Аналогично разрабатываются варианты увеличения продолжительности строительства объекта, вызываемого недостатком ресурсов

для ведения работ с нормальной интенсивностью, отсутствием технической документации, несвоевременной поставкой оборудования, недостаточными размерами финансирования и другими причинами (факторами).

Следствием замедления темпов строительства объектов являются увеличение объемов незавершенного производства и замораживание капиталовложений, снижение производительности машин и механизмов в результате простоев или неполного использования их мощности, увеличение условно-постоянной части накладных расходов (которая, как известно, зависит от продолжительности строительства), вызывающее рост себестоимости строительства объекта.

5. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ РАСЧЕТОВ НА ЭВМ

Для определения зависимости себестоимости строительно-монтажных работ от продолжительности строительства объекта используются два пакета программ:

- специальный, предназначенный для формирования матрицы показателей работ сетевого графика объекта;
- стандартный по определению функциональной зависимости на основе наборов статических данных.

5.1. Специальный пакет программ

Специальный пакет программ обеспечивает формирование массива данных, его сортировку и корректировку, выдачу на печать матрицы показателей работ сетевого графика по установленной форме с расчетом итогов стоимости, заработной платы и трудовых затрат, а также получение наборов данных по вариантам оптимизации, используемых для определения функциональной зависимости себестоимости выполнения СМР от продолжительности строительства объектов.

Все изменения, полученные в результате разработки вариантов по каждой оптимизации, поочередно вводятся в ЭВМ для расчета и выдачи изменений матрицы показателей работ.

На основе оценочных показателей технологических карт и информации об объемах каждой работы первоначально рассчитываются показатели работ сетевого графика и формируются два массива:

- показатели работ сетевого графика;
- перечень наименований работ сетевого графика.

Указанные массивы объединяются в общий массив "Матрица показателей работ", который программой "Сортировка" упорядочивается по реквизитам: объект, работа сетевого графика,- а программой "Печать"

распечатывается по форме (табл.I9).

Все изменения, полученные в результате разработки различных вариантов и способов ведения работ, вносятся в основной массив "Матрица показателей работ" с помощью программы "Корректировка".

5.2. Стандартный пакет программ

После подготовки достаточного количества вариантов и получения соответствующих им расчетных данных с помощью стандартного пакета программ отыскивается функциональная зависимость между себестоимостью строительства объекта и его продолжительностью. При этом рассчитываются оценки параметров уравнения регрессии принятой функциональной связи и оценочные критерии, позволяющие принять или отвергнуть функциональную связь.

Параметры уравнения регрессии определяются методом наименьших квадратов на основе табличных значений себестоимости по вариантам каждой оптимизации от минимальной до максимальной продолжительности строительства объекта.

Для определения зависимости себестоимости СМР от продолжительности строительства объекта по установленной сметной стоимости информация на ЭВМ представляется в виде коэффициентов, характеризующих отношение себестоимости каждого варианта к исходному.

Стандартный пакет программы предусматривает вывод на печать расчетных данных до пяти знаков после запятой. При подготовке информации в виде таблицы рассчитанных коэффициентов величина последних настолько мала (1,01590), что при расчете значение параметров уравнения регрессии после пятого знака на печать не выводится. Для точного расчета величин информация для ЭВМ готовится с переводом запятой вправо на пять знаков (увеличение в I00000 раз)- табл.20. Следовательно, полученные параметры уравнения регрессии необходимо уменьшить, соответственно переведя запятую в обратную сторону (влево) на пять знаков.

Таблица 19

КАТАЛОГ
ПОКАЗАТЕЛЕЙ РАБОТ СЕТЕВОГО ГРАФИКА

Шифр комплекса, объекта (узла)	Шифр сетевой работы		Шифр технологической карты	Основной физический объем			Сметная стоимость, руб.	Заработная плата, руб.		Норм. затраты труда, чел.-дн.	Принятая интенсивность выполнения работ			Выработка на рабочего на единицу конечной продукции		Исполнитель работ		Наименование работ
	начальное событие	конечное событие		единица измерения	количество			целое	дробл.		к-во рабочих, чел.	продолжит. дн.	сменность	целое	дробн	организация	шифр спец. бригады	
					целое	дробл												
9II2	000	00I	0I0 020 I02	м3	I4I94	00	29I72	720	22	I05	4	26	2	I36	48	ЛШС УА	00	Механизированная разработка грунта под фундаменты
	00I	002	070020302	м3	33	00	752	I3I	60	25	8	3	2	-I	38	ДШС ШСУ-I2	I0	Бетонная подготовка под фундаменты здания
	002	003	070020204	м3	253	00	I0I40	2I2I	40	420	I5	28	2	0	6I	ДШС ШСУ-I2	I0	Бетонирование фундаментов с подколонниками на отм.-4,65
	003	006	09054040I	шт.	26	00	5889	607	9I	I09	I0	I0	2	0	26	ДШС ШСУ-I2	I0	Монтаж сборных железобетонных стеновых плит подвала
	006	009	070020315	м3	49	00	2884	465	62	8I	7	II	I	0	64	ДШС ШСУ-I2	I0	Бетонирование отдельных участков стен подвала
	009	0I0	I400II3I2	м2	62	00	43	I0	69	2	2	I	I	3I	00	ДШС ШСУ-I2	50	Гидроизоляция наружных стен фундаментов
	0I0	0I2	0I00202I4	м3	334	00	444	5I	70	8	4	2	2	4I	75	АШС УМ	00	Обратная засыпка с прослойным трамбованием
	0I2	0I4	0I00202I4	м3	50I	00	666	77	56	I2	4	3	2	4I	75	АШС УМ	00	Обратная засыпка с прослойным трамбованием
	0I4	0I8	000050602	м3	42	70	4426	480	25	85	I2	7	2	0	5I	ДШС ШСУ-I2	20	Монтаж сборных железобетонных колонн каркаса
	0I8	022	050II0209	шт	I8	00	8456	II59	09	207	I2	I7	I	0	09	ДШС ШСУ-I2	40	Монтаж подкрановых балок и подкрановых путей
	066	067	3500I20I3	-	-	-	3720	646	8I	II0	5	20	I	37	20	ДШСМ	70	Монтаж мостовых кранов (2шт.,Q-20т)
	067	068	3I07I02I2	-	-	-	3600	I24I	92	2I0	I0	20	I	I8	00	ДШСМ	70	Установка вентиляторов на фундаменты (2шт.)
	Итого по странице						70092	77I4	I7	I374								

Таблица 20

Информация для расчета оценок параметров уравнения регрессии

Номер варианта	Продолжительность строительства объекта, дн.	Отношение себестоимости СМР каждого варианта к исходному по оптимизациям					
		I	II	III	IУ	У	УI
Исходн.	250	I00000	I00000	I00000	I00000	I00000	I00000
Ic	240	99830	99614	99663	99742	99737	99610
2c	230	99740	99652	99562	99488	99618	99587
3c	220	99804	99723	99609	99524	99652	99654
4c	210	99928	99794	99656	99809	99759	99760
5c	200	I00II7	I00063	99838	I00275	99879	99934
6c	I90	I00313	I00250	I00071	I00778	I00I3I	I00099
7c	I80	I00552	I00571	I00489	I0I250	I00261	I00323
8c	I70	I00898	I00991	I00707	I0I738	I00633	I00783
9c	I60	I0I272	I0I609	I0I399	I0I982	I0I0I5	I0I62I
I0c	I50	I0I586	I02I52	I0I847	I02305	I0I404	I0220I
Iy	260	I00365	I00I52	I00289	I00485	I00228	I00I28
2y	270	I00729	I00784	I00608	I00862	I00546	I00464
3y	280	I0I094	I00868	I00949	I0II86	I00853	I00696
4y	290	I0I459	I0I536	I0II09	I0I6I0	I0I3I9	I0I02I
5y	300	I0I823	I0I972	I0I4I5	I02047	I0I6I5	I0I272
6y	3I0	I02I88	I023I7	I0I797	I02249	I02I50	I0I543
7y	320	I02553	I02698	I02240	I02626	I02464	I0I82I
8y	330	I02917	I03II5	I026I9	I03023	I02832	I02205
9y	340	I03282	I03514	I03002	I03406	I03I53	I02677
I0y	350	I03647	I03787	I03592	I03960	I035I4	I032I4

5.3. Краткая характеристика метода определения функциональной зависимости

Пусть (x_k, y_k), $k = \overline{1,n}$ – таблица исходных данных, а эмпирическая функция наилучшего приближения выражается полиномом степени m:

$$y^*(x) = \alpha_0 + \alpha_1 x + \alpha_2 x^2 + \ldots + \alpha_m x^m = \sum_{i=0}^{m} \alpha_i x^i,$$

коэффициенты которого пока не определены.

Обозначим $y_k^* = \sum_{i=0}^{m} \alpha_i x_k^i$

Задача состоит в определении коэффициентов α_i полинома при условии, чтобы сумма квадратов отклонений для данного m была минимальной:

$$\sum_{k=1}^{n} (y_k - y_k^*)^2 = \sum_{k=1}^{n} \left(y_k - \sum_{i=0}^{m} \alpha_i x_k^i\right)^2$$

Тогда на основании необходимого признака существования экстремума коэффициенты α_j удовлетворяют следующей системе уравнений:

$$\frac{\partial \sum_{k=1}^{n} (y_k - y_k^*)^2}{\partial \alpha_j} = 0 \; ; \; j = \overline{0,m} \; ; \; k = \overline{1,n}$$

Используя эти уравнения, получим относительно $\alpha_0, \alpha_1, \ldots, \alpha_m$ линейную систему уравнений:

$$\sum_{k=1}^{n} \left(y_k - \sum_{i=0}^{m} \alpha_i x_k^i\right) x_k^j = 0$$

или

$$\sum_{i=0}^{m} \alpha_i \sum_{k=1}^{n} x_k^{i+j} = \sum_{k=1}^{n} x_k^j y_k \; ; \; j = \overline{0,m}$$

Обозначим элементы матрицы через a_{ij}

$$a_{ij} = \sum_{k=1}^{n} x_k^{i+j}$$

где $i, j = \overline{0,m}$;

а свободные члены – через b_j:

$$b_j = \sum_{k=1}^{n} x_k^j y_k$$

Тогда линейная система уравнений принимает вид

$$\sum_{i=0}^{m} \alpha_i a_{ij} = b_j , \quad j = \overline{0,m} .$$

При определении функциональной зависимости себестоимости строительства объекта от его продолжительности по многочисленным технологическим и организационным вариантам строительства искомая кривая должна проходить через точку (x_0, y_0), координаты которой определяют нормативную величину продолжительности строительства объекта и его себестоимость.

Стандартный пакет программ по исходным данным (x_k, y_k) и степени m полинома формирует расширенную матрицу системы, определяет коэффициенты α_i и в пошаговом процессе рассчитывает значения оценочных критериев.

После каждого расчета на ЭВМ печатаются исходные табличные данные, коэффициенты функциональной зависимости, расширенная матрица системы, показатели оценочных критериев и расчетные значения функции на рассматриваемом интервале времени.

Последовательность выполнения расчетов показана на блок-схеме (рис.2).

На основании расчетных данных на графике зависимости "время-себестоимость" наносится теоретическая линия регрессии, записываются формула и оценки параметров уравнения регрессии для расчета себестоимости строительно-монтажных работ при заданной продолжительности строительства объекта в пределах границ исследуемых вариантов: $C_i^c = (\alpha_0 + \alpha_1 t_i + \alpha_2 t_i^2 + \ldots + \alpha_m t_i^m) \cdot C_{исх.}^c$,

где C_i^c - себестоимость СМР данного варианта продолжительности (t_i);

$C_{исх.}^c$ - себестоимость СМР исходного варианта, полученная как разность сметной стоимости и плановых накоплений.

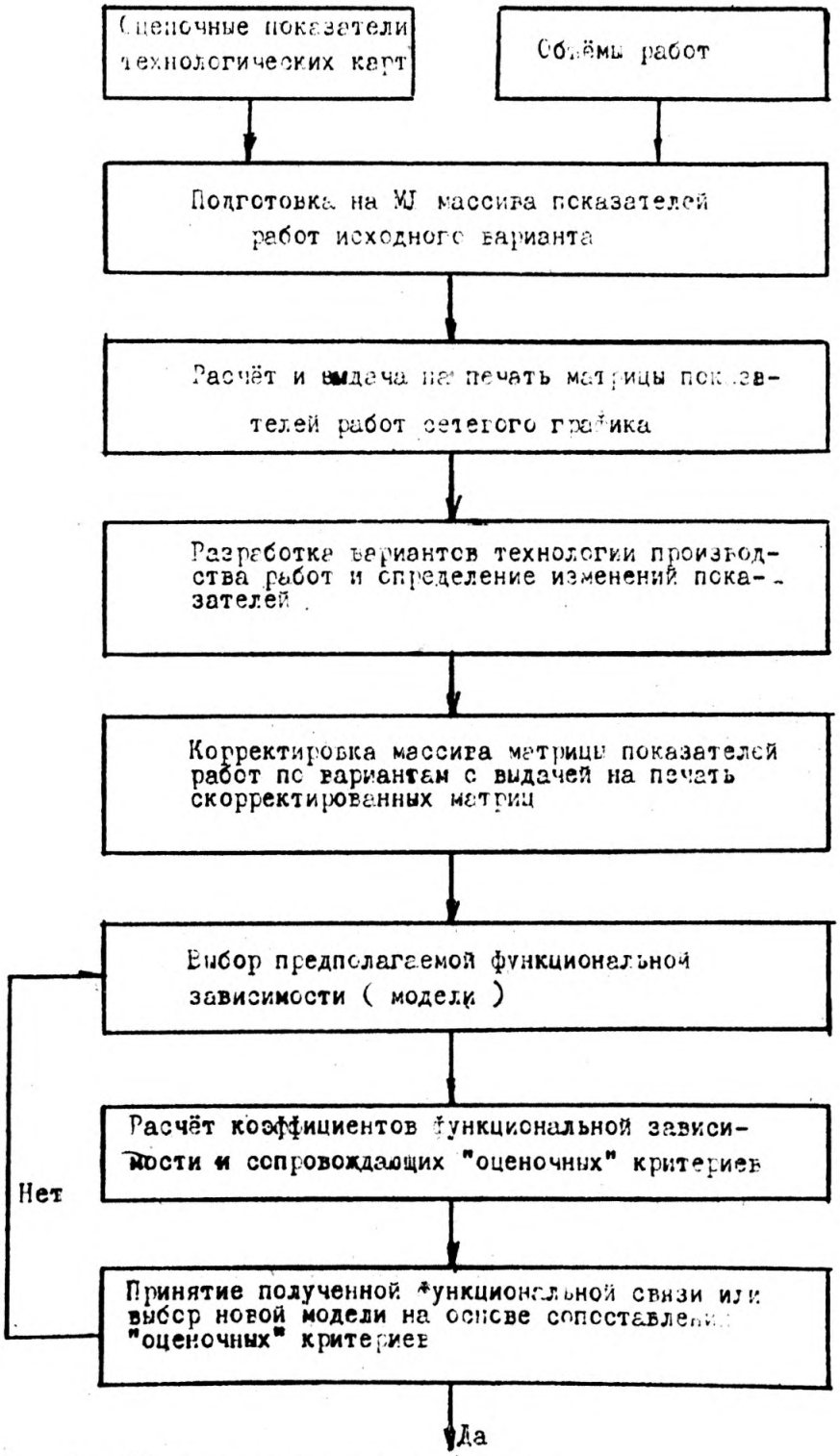


Рис.2Блок-схема выполнения расчётов

- определить требуемый момент готовности строительства данного объекта;

- заполнить форму "Нормы продолжительности строительства объектов" (табл.21) и график зависимости "время-себестоимость" (рис...);

- согласовать и утвердить нормы.

Номенклатура объектов, по которым необходимо разработать нормативы продолжительности строительства, составляется институтами "Центргипрошахт" и "Донгипроуглешахтострой", согласовывается с в/о "Совшахтопроект" и производственно-техническим управлением по строительству и утверждается Министерством угольной промышленности СССР.

Ведомственные нормы продолжительности строительства объектов в составе пусковых комплексов угольной промышленности разрабатываются под методическим руководством института "Донгипроуглешахтострой" (головной) с привлечением других институтов Минуглепрома СССР. Разработанные проекты норм продолжительности строительства объектов в составе пусковых комплексов угольной промышленности согласовываются с Производственно-техническим управлением по строительству и в/о "Совшахтопроект" и утверждаются первым заместителем Министра угольной промышленности СССР.

7.2. Оформление каталога

Каталог ведомственных норм продолжительности строительства объектов в составе пусковых комплексов включает:

- ведомственные строительные нормы (ВСН...) "Нормы продолжительности строительства объектов в составе пусковых комплексов";

- карточку норм продолжительности строительства объектов с приложением зависимости себестоимости строительно-монтажных работ от продолжительности строительства объекта.

Таблица 21

Нормы продолжительности строительства объектов угольной промышленности

Шифр объекта	Наименование объекта	Характеристика объекта и состав работ	Продолжительность строительства в рабочих днях	Динамика распределения стоимости СМР по кварталам (в % к сметной стоимости)												Требуемый момент готовности объекта	Формула для расчета себестоимости СМР
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	I0	II	I2		
2382	Вентиляторная установка с каналами и диффузорами	Производительность 90-580 м3/сек. Состав работ: возведение здания вентиляторов, устройство фундаментов под оборудование; монтаж технологического и электромонтажного оборудования, сооружение каналов и диффузоров, наладка и опробование оборудования, сдача объекта в эксплуатацию	Оптимальная-220													К развороту фронта работ по проведению горизонтальных и наклонных горных выработок	$C_i^c = (\alpha_0 + \alpha_1 t_i + \alpha_2 t_i^2 + \alpha_3 t_i^3) \cdot C_{ucr}^c$
			Зона оптимальной 200-250-	20	30	46	I4										α_0 =I,284238I25
			пределы 150-350	20	50	86	I00										α_1 = -0,003079I87
																	α_2 =0,0000I02873
																	α_3 = -0,00000001

6. ПОРЯДОК РАЗРАБОТКИ, ОФОРМЛЕНИЯ И ХРАНЕНИЯ КАТАЛОГА ВЕДОМСТВЕННЫХ НОРМ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ СТРОИТЕЛЬСТВА ОБЪЕКТОВ

6. Порядок разработки

Для разработки каталога ведомственных норм продолжительности строительства объектов в составе пусковых комплексов угольной промышленности необходимо:

- составить и согласовать номенклатуру объектов, для которых определяются нормы продолжительности строительства;

- структурировать номенклатуру объектов по разделам по признакам однородности и составить график очередности разработки нормативов;

- выбрать объекты-представители и к ним разработанные рабочие чертежи, сметы и проекты производства работ;

- разработать исходный вариант рабочего сетевого графика с матрицей показателей его работ, в которой сумма стоимости строительно-монтажных работ должна равняться утвержденной сметной стоимости объекта, а продолжительность его строительства рассчитывается с учетом опыта шахтостроителей по технологии возведения аналогичных объектов;

- установить интервал изменения продолжительности строительства объектов и для каждого значения интервала разработать варианты графиков по 6-7 оптимизациям (согласно настоящей методике);

- по каждому варианту продолжительности определить себестоимость СМР, рассчитать точки теоретической линии регрессии и оценки параметров уравнения регрессии;

- по потенциалам прямого и обратного счета исходного варианта распределить сметную стоимость СМР по кварталам;

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 — прямой ключ

1 2 4 7 — тысячи

1 2 4 7 — сотни

1 2 4 7 — десятки

1 2 4 7 — единицы

Шифр объекта	Наименование объекта	Характеристика и состав объекта	Продолжительность строительства объекта в рабочих днях
2382	Вентиляторная установка с каналами и диффузорами	Производительность 90÷500 м³/сек в составе: возведение здания вентиляторов устройство фундаментов под оборудование монтаж оборудования сооружение каналов и диффузоров наладка и опробование оборудования сдача	Оптимальная – 220 Зона оптимальн. 200÷250 Пределы – 150÷350

Динамика распределения стоимости строительно-монтажных работ по кварталам (в % к сметной стоимости)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
20 / 20	30 / 50	36 / 86	14 / 100	—	—	—	—	—	—	—	—

Требуемый момент готовности объекта: к развороту фронта работ по проведению горизонтальных и наклонных горных выработок

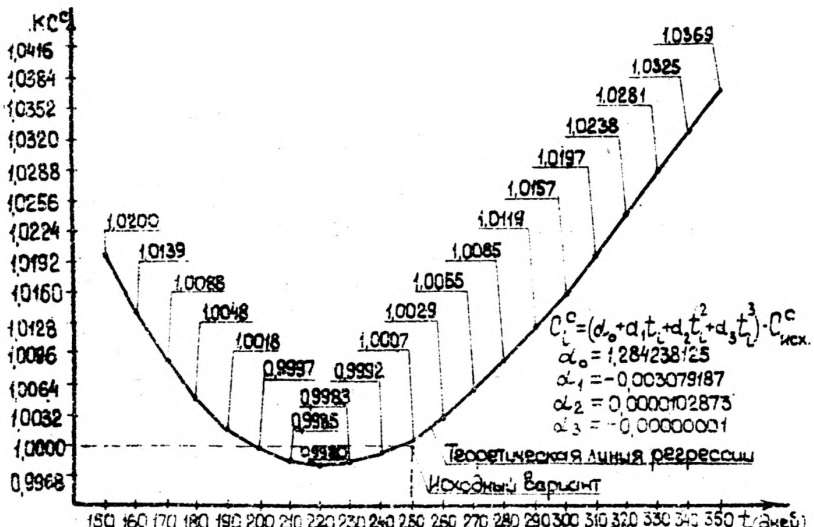


Рис 3 Нормы продолжительности строительства обьекта.

- график технологической последовательности выполнения работ на объекте (как модель описания объекта);

- картотеку графиков перераспределения объемов СМР по кварталам с учетом поправочных коэффициентов, предусмотренных для отдельных районов (согласно "Общим положениям" к СН 440-79).

Ведомственные строительные нормы (ВСН) оформляются в виде сборника с присвоением ему номера и года издания и включают: общие положения, нормы продолжительности строительства объектов, сгруппированных по разделам (табл.21), и графики зависимости себестоимости строительно-монтажных работ от продолжительности строительства объектов.

Нормы продолжительности строительства объектов в составе пусковых комплексов угольной промышленности включают: шифр, наименование, характеристику и состав объекта, оптимальную продолжительность его строительства (в днях), зону оптимальной продолжительности и пределы продолжительности от технологически возможной до целесообразной исследуемой продолжительности строительства объекта, распределение стоимости СМР по кварталам (в числителе - процент от сметной стоимости СМР, в знаменателе - процент с нарастающим итогом) требуемый момент технологической необходимости готовности объекта, формулу для расчета себестоимости СМР по заданной продолжительности и оценки параметров уравнения регрессии $(a_0, a_1, a_2 \ldots a_m)$.

Картотека норм продолжительности строительства объектов формируется на перфокартах с краевой перфорацией (ф.К-5), закодированных по шифру объекта (рис.3). На лицевой стороне перфокарты приводятся данные норм продолжительности строительства объектов угольной промышленности из табл. 21 без графы "Формула для расчета себестоимости СМР", на обратной стороне - график теоретической линии регрессии, формула и оценки параметров уравнения регрессии.

Графики зависимости "время-себестоимость" для определения себестоимости СМР при заданной продолжительности строительства составляются по каждому объекту после расчета точек теоретической линии регрессии. На оси ординат откладывается шкала коэффициентов, представляющих собой отношение себестоимости СМР каждого варианта к исходному, на оси абсцисс - продолжительность строительства объекта по вариантам в днях. На графике приводятся также формула и значение оценок параметров уравнения регрессии для расчета себестоимости СМР (C_i^c) по заданной продолжительности (t_i) строительства. Такие графики содержатся в составе ВСН и в картотеке норм продолжительности строительства объектов.

Для ускорения и облегчения разработки рабочего сетевого графика для строящегося объекта с конкретными исходными данными и исполнителями работ в каталог норм включается разработанный график технологической последовательности выполнения работ на строительстве объекта (как модель описания объекта). В графике (рис.4) указываются последовательность выполнения и наименование работ (без объемов, стоимости, интенсивности, продолжительности выполнения и исполнителей).

Нормы рассчитываются для условий строительства в средней полосе Европейской части СССР. Для строительства объектов в северных районах страны и местностях, приравненных к ним, в сейсмических районах, районах пустынь и полупустынь, в горных труднодоступных районах с высотой над уровнем моря 1500 м и выше устанавливаются соответствующие поправочные коэффициенты, о которых указано в "Общих положениях" к СН 440-79- и ВСН...

Увеличивая норму продолжительности строительства, следует соответственно уменьшать проценты объема строительно-монтажных работ по кварталам строительства и распределять эти объемы по всей продолжительности.

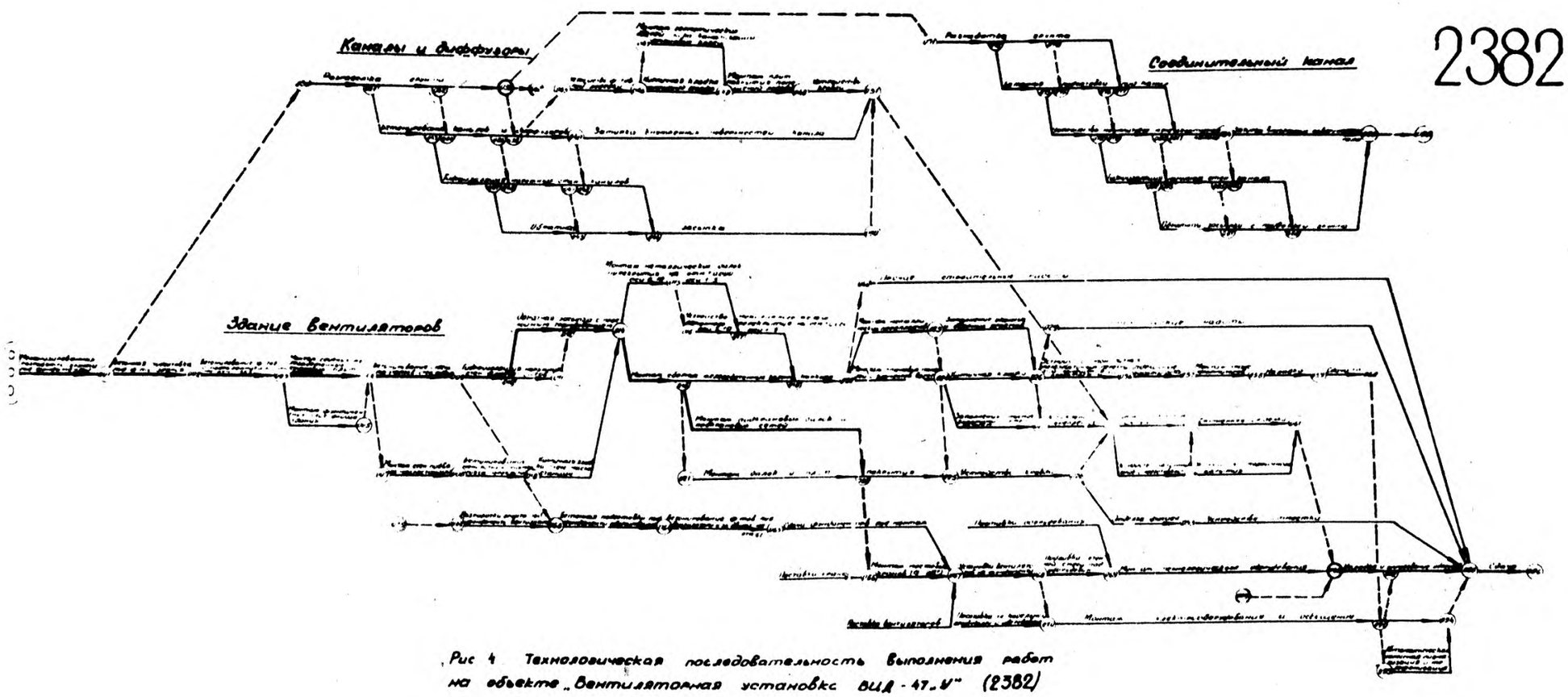


Рис 4 Технологическая последовательность выполнения работ на объекте „Вентиляторная установка ВЦД-47-У" (2382)

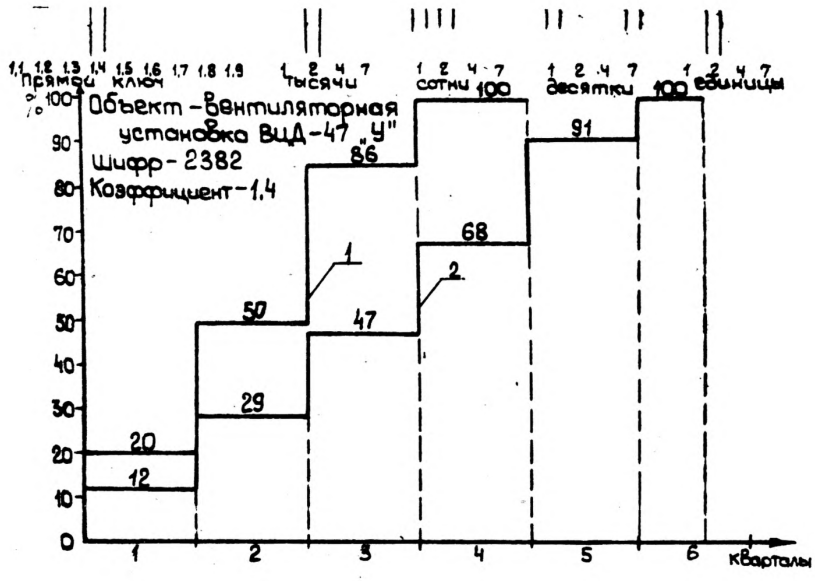
Более наглядный и быстрый способ перераспределения процентов объемов строительно-монтажных работ по кварталам графический.

Графики разрабатываются по районам, где применяются поправочные коэффициенты к продолжительности строительства объектов. На них наносится распределение объемов работ по утвержденным нормам без дополнительных поправок и производится пересчет процентов по кварталам с учетом предусмотренного "Общими положениями" к СН-440-79 коэффициента. Такие графики наносятся на перфокарты с краевой перфорацией (рис. 5) для составления каталога норм для различных районов с различными коэффициентами увеличения продолжительности (I,1; I,2; I,3; I,4; I,5; I,6; I,7; I,8; I,9). На лицевой стороне перфокарты наносится график для данного района (коэффициента) а на обратной стороне приводится перечень местностей, на которые распространяется этот коэффициент.

При строительстве вентиляторной установки ВЦД-47"У" в средней полосе Европейской части СССР установлена продолжительность 250 дней и соответственно распределены объемы строительно-монтажных работ по кварталам, которые изображены на диаграмме (поз.I).

Для строительства аналогичного объекта в районе Якутской АССР, где поправочный коэффициент I,4, продолжительность строительства составит 250xI,4=350 дней. В результате расчета определяется новый процент СМР для каждого квартала и строится новая диаграмма распределения СМР (поз.2) для строительства вентиляторной установки ВЦД-47"У" с продолжительностью 350 дней (5,5 квартала).

Ведомственные нормы продолжительности строительства объектов в составе пусковых комплексов угольной промышленности разрабатываются институтами по группам объектов по годам пятилетки. Для возможности ввода норм в действие с начала 1985г. в первую очередь в


1.1 1.2 1.3 1.4 1.5 1.6 1.7 1.8 1.9
прямой ключ
1 2 4 7
тысячи
1 2 4 7
сотни
1 2 4 7
десятки
1 2 4 7
единицы
% 100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
Объект – вентиляторная установка ВцД-47 „У"
Шифр – 2382
Коэффициент – 1,4
20
12
50
29
86
47
100
68
91
100
1
2
1
2
3
4
5
6
кварталы

Примечание. Поправочный коэффициент 1,4 применяется для Мурманской области, за исключением г. Мурманска; Туруханского района Красноярского края (г.г. Норильск, Дудинка, Игарка); Якутской АССР южнее 60-й параллели

Рис 5. График распределения стоимости СМР по кварталам

1981-1982 годах разрабатываются нормы продолжительности строительства особо важных объектов, наиболее часто проектируемых для строительства комплексов угольной промышленности.

По мере разработки норм продолжительности строительства остальных объектов картотека носителей информации ежегодно пополняется.

6.3. Хранение каталога

Недостающие нормы продолжительности строительства объектов в составе пусковых комплексов угольной промышленности хранятся:

- в изданных сборниках ВСН;
- картотеках на перфокартах с краевой перфорацией (...К-3);
- картотеке графиков технологической последовательности выполнения работ (модель описания объекта, на кальке);
- на магнитных лентах (дисках) в формате записи на ЭВМ ЕС.

"Нормы продолжительности строительства объектов в составе пусковых комплексов" (...ВСН...-) с присвоенным номером хранятся в виде сборника и рассылаются проектным и технологическим институтам, шахтостроительным организациям и по запросам другим организациям.

Дополнения к ВСН выпускаются ежегодно после окончания разработки запланированных на год норм.

В головном проектном институте создаются две картотеки на перфокартах с краевой перфорацией (...К-3), которые хранятся в секторах.

Копии перфокарт с нормами продолжительности строительства объектов (см.рис.3) рассылаются по мере их накопления проектным институтам.

Другим организациям головной или проектный институт высылает копии перфокарт с нормами на запрашиваемый объект.

Перфокарты с графиками перераспределения объемов СМР по кварталам с учетом поправочных коэффициентов, предусмотренных для отдельных районов (согласно "Общим положениям" к СН 440-79),- рис.5, хранятся в отдельном секторе. Они зашифрованы: по районам - прямым ключом для коэффициентов от 1,1 до 1,9, по шифрам объектов - ключом 1,2,4,7 и высылаются проектным институтам по районам с соответствующим коэффициентом, а также по запросам строительных организаций.

Институты - разработчики норм продолжительности строительства объектов представляют на кальках в институт, в котором находится каталог ведомственных норм, графики технологической последовательности выполнения работ. Копии этих графиков могут быть высланы проектным институтам и строительным организациям по их запросам как эталон для разработки рабочего сетевого графика строительства конкретного объекта.

Ведомственные нормы продолжительности строительства объектов могут храниться на машинных носителях информации: магнитных лентах (дисках) и перфокартах для возможности их пополнения, корректировки, размножения и рассылки по запросам институтов и строительных организаций, а также для применения при функционировании АСУ. Для этой цели необходимо закодировать объекты утвержденной номенклатуры по классификатору строительной продукции; выбрать носители информации; определить порядок размещения на машинных носителях и объемы хранения информации; разработать способы ее хранения, а также поиска и внесения изменений в массивы данных; разработать способы контроля информации и ее защиты при решении задач.

7. ПОРЯДОК ПРИМЕНЕНИЯ НОРМ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ СТРОИТЕЛЬСТВА ОБЪЕКТОВ В СОСТАВЕ ПУСКОВЫХ КОМПЛЕКСОВ УГОЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Ведомственные нормы продолжительности строительства объектов в составе пусковых комплексов предназначены для работников проектных институтов и трестов Оргшахтострой, заказчиков и строительных организаций Минуглепрома СССР, разрабатывающих проекты организации строительства, проекты производства работ, перспективные, текущие (годовые) и оперативные планы, графики выполнения работ и распределения ресурсов по периодам строительства.

Продолжительность и нормативы задела строительства угольных (сланцевых) шахт и разрезов в связи с различными климатическими, горно-геологическими, горнотехническими условиями, а также различными производственными мощностями, глубинами стволов и способами их проходки (замораживание, тампонаж и др.) согласно "Общим положениям" СН 400-79 должны быть определены при разработке проекта организации строительства (ПОС) генеральным проектным институтом.

При разработке проектов организации строительства нормы продолжительности строительства объектов в составе пусковых комплексов используются для определения общей продолжительности строительства шахты (пускового комплекса) с распределением объемов работ по годам и кварталам строительства; технологической увязки строительства объектов внутри комплекса и обеспечения ввода его в эксплуатацию в установленные сроки; формирования перспективных, годовых и оперативных планов СМР строительных организаций с учетом получения максимальной прибыли.

На стадии составления ПОСа генеральный проектный институт должен разрабатывать проект узлов, который включает: схему разделения комплекса на узлы, перечень, состав и схемы узлов, ведомость

объемов работ по узлам строительства комплекса. Проект узлов формируется на основе совокупной оценки ряда требований, определяющих рациональные границы узлов, состав и объем работ, а также основные технико-экономические показатели: стоимость, трудоемкость и продолжительность строительства.

Важнейшим условием формирования узлов является обеспечение поточного производства строительно-монтажных работ, а также закрепление за каждым узлом ведущего исполнителя с учетом преобладания работ его профиля.

Проектный институт определяет узлы, влияющие на общую продолжительность строительства шахты (разреза), принимая во внимание трудоемкость, стоимость и сложность работ. При строительстве шахт такими узлами в основном являются работы подготовительного периода, которые обеспечивают подготовку фронта работ до начала сооружения основных объектов критического пути, а также проходка стволов и проведение горизонтальных (наклонных) выработок главного направления. По узлам критического пути проектный институт разрабатывает директивный поузловой сетевой график, учитывая все факторы, влияющие на темпы оснащения и проходки стволов, проведение горизонтальных выработок, и определяет общую продолжительность строительства шахты.

Строительство остальных узлов (объектов) должно предусматриваться параллельными потоками с оптимальной продолжительностью строительства каждого объекта (зона оптимальной продолжительности) по критерию минимальной себестоимости.

В составе ПОСа разрабатывается схема последовательности строительства объектов комплекса шахты с учетом межузловых ограничений во времени и [illegible] потоков. Определение продолжитель-

ности строительства объектов (узлов) и распределение их сметной стоимости производится по нормативам разработанного каталога ведомственных норм продолжительности строительства объектов в составе пусковых комплексов.

Проектный институт наносит на схеме критический путь строительства шахты (комплекса) с указанием сроков начала и окончания работ по каждому объекту и распределением объемов СМР по кварталам.

С целью максимизации прибыли продолжительность строительства объекта следует принимать в пределах зоны оптимальной продолжительности. Для формирования потоков по критерию равномерной и непрерывной загрузки исполнителей начало строительства объектов может быть установлено в более ранний или более поздний срок. Однако изменится себестоимость СМР, которая определяется по формуле или по графику зависимости "время-себестоимость", имеющимся в каталоге норм.

Наличие в каталоге распределения объемов СМР по кварталам и сроков начала и окончания строительства каждого объекта дает возможность определить объем капитальных вложений по годам и кварталам строительства пускового комплекса в целом.

На основе схемы последовательности строительства объектов комплекса проектный институт заполняет форму "Нормы продолжительности и задела по строительству объектов", аналогичную приведенной в СН 440-79, с пояснительной запиской.

В пояснительную записку должны быть включены:

- обоснование норм продолжительности и задела по строительству данной шахты с учетом всех поправок;
- схема разбивки комплекса на узлы;
- состав узлов комплекса;

- директивный поузловой сетевой график по работам и узлам критического пути комплекса;

- схема последовательности строительства объектов (узлов);

- ведомость распределения объемов работ на строительстве комплекса по узлам.

При составлении ПОСа для пусковых комплексов, возводимых в районах, для которых установлены коэффициенты увеличения продолжительности строительства, необходимо пересчитать продолжительность строительства каждого объекта по имеющимся в каталоге графикам распределения объема СМР по кварталам (см.рис.5) и соответственно распределить объемы работ.

Проект организации строительства, который учитывает все условия строительства данного комплекса, в том числе продолжительность и задел по строительству, а также максимизацию получения прибыли и ритмичность работы строительной организации, должен стать основой планирования капитальных вложений и строительно-монтажных работ.

Заказчик использует проект организации строительства и каталог норм продолжительности строительства объектов в составе пускового комплекса при составлении титульных и внутрипостроечных списков, а также заказов на оборудование и графиков обеспечения строительных организаций оборудованием и материалами (поставляемыми заказчиком).

Плановые подразделения применяют нормативы каталога для формирования перспективных, текущих (годовых) и оперативных планов по периодам строительства и исполнителям, а также для определения прибыли и при составлении мероприятий по повышению производительности труда и снижению себестоимости СМР.

Строительные организации и тресты (институты) Оргшахтострой используют эти нормы при инженерной подготовке производства, в том числе разработке ППР, директивных и рабочих узловых сетевых графиков; составлении календарных планов СМР с учетом равномерного и непрерывного использования основных ресурсов, получения максимально возможной прибыли и обязательного ввода объектов (комплексов) в эксплуатацию в установленные сроки.

Проектные институты, заказчики и строительные организации для определения продолжительности строительства объектов пользуются изданным ВСН... - и дополнениями к ним или обращаются с просьбой в головной институт, в котором накапливается и хранится каталог норм продолжительности строительства объектов, выслать их на носителях информации: перфокартах с краевой перфорацией, магнитной ленте или перфоленте с последующей распечаткой данных.

Определение и применение норм оптимальной продолжительности строительства объектов и в целом комплексов угольной промышленности с учетом себестоимости выполнения строительно-монтажных работ являются актуальной задачей. Поэтому совершенствование методики определения прогрессивных норм продолжительности строительства предприятий, объектов и сооружений приобретает важное народнохозяйственное значение.

БП № 08540 29.01.81

Зак. № 96-100

gost.e-ecolog.ru