МИНИСТЕРСТВО УГОЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ УССР

ДОНЕЦКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
УГОЛЬНЫЙ ИНСТИТУТ

Д о н У Г И

М Е Т О Д И К А

РАСЧЕТА ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ ТРАНСПОРТНЫХ УЗЛОВ С ПОМОЩЬЮ СЕТЕВЫХ ГРАФИКОВ

Донецк, 1971

gost.e-ecolog.ru

МИНИСТЕРСТВО УГОЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ УССР

ДОНЕЦКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УГОЛЬНЫЙ ИНСТИТУТ

Д о н У Г И

Утверждаю.

Заместитель министра

угольной промышленности Украинской ССР

В.ЧЕБАНОВ

26 марта 1971г.

М Е Т О Д И К А

РАСЧЕТА ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ ТРАНСПОРТНЫХ УЗЛОВ С ПОМОЩЬЮ СЕТЕВЫХ ГРАФИКОВ

Согласовано:

Начальник
Технического управления
Министерства угольной
промышленности УССР — А.НЕХОРОШЕВ

Начальник
отдела подземного транспорта
и поверхности шахт МУП УССР — Е.КРОЛЬ

Донецк, 1971

А Н Н О Т А Ц И Я

В работе изложена методика расчета пропускной способности сложных узлов транспортных систем угольных шахт. Основные ее положения иллюстрируются примерами конкретных расчетов.

Методика предназначена для работников подземного транспорта шахт, проектных и научно-исследовательских институтов угольной промышленности.

Работа выполнена канд.техн.наук Белоусовым К.Ю., инженером Дунаевым Г.А. под руководством доктора технических наук, профессора Пономаренко В.А.

В В Е Д Е Н И Е

Правильное определение пропускной способности транспортных систем еще на стадии проектирования имеет большое значение для обеспечения нормальной работы систем подземного транспорта в процессе их эксплуатации.

В связи с этим большое внимание продолжает уделяться совершенствованию методов расчета пропускной способности звеньев и узлов транспортных систем. Особенно это относится к системам с локомотивным транспортом, который по-прежнему остается основным средством перевозки грузов по горизонтальным выработкам угольных шахт.

Существующие методы расчета пропускной способности транспортных узлов основаны на детерминированной оценке продолжительности выполнения отдельных маневровых операций в узле. В действительности продолжительность каждой маневровой операции в силу ряда причин обладает некоторой неопределенностью и не поддается достаточно точному определению. Вследствие этого на практике редко удается выдержать расчетное время обслуживания составов в том или ином узле.

Определение пропускной способности транспортных узлов целесообразно производить, учитывая случайный характер величин, определяющих длительность операций, для чего могут быть эффективно использованы расчетные методы, основанные на применении сетевых графиков.

Применение сетевых графиков позволяет учитывать действительный случайный характер продолжительности технологических операций при обслуживании электровозных составов в узлах транспортной системы. При этом можно произвести оценку колебаний пропускной способности, оценить качество схем сложных узлов транспортных систем.

ГЛАВА I. ОСНОВЫ ПОСТРОЕНИЯ СЕТЕВЫХ МОДЕЛЕЙ РАБОТЫ ЛОКОМОТИВОВ В ТРАНСПОРТНЫХ УЗЛАХ

§ I. Основные правила построения сетевых моделей

Предлагаемый метод основан на использовании сетевых графиков в качестве модели, отображающей процесс работы электровозов в транспортном узле.

Исходя из схемы путевого развития транспортный узел разбивается на участки, в пределах которых возможна работа одного электровоза. Комплекс всех маневровых операций на каждом участке составляет содержание понятия "работа". Результат выполнения работы обозначен термином "событие".

Сетевая модель отображает логическую взаимосвязь и параметры всех событий и работ. Графически она изображается в виде графика, состоящего из стрелок и кружков. Пример сетевого графика показан на рис.I.

Стрелками в сети изображаются отдельные работы. Понятие "работа" используется в широком смысле и может иметь следующие значения:

а) действительная работа или просто работа, представляющая всю совокупность маневровых операций на отдельном участке узла (обычно несколько элементов маневрирования) и требующая затрат времени;

б) фиктивная работа (зависимость) - изображение логической связи между работами. Фиктивная работа не связана с расходом времени. Фиктивная работа изображается пунктирной стрелкой (рис.I, работа 5-8, I0-I6, II-I7 и др.)

Кружками в сети изображаются события. Понятие "событие" может иметь следующие значения:

а) исходное событие - начало выполнения маневров в пределах транспортного узла. Исходное событие не имеет предшествующих работ, поэтому на сетевом графике к нему не подходит ни одной стрелки (например, событие I на рис.I);

б) завершающее событие - достижение конечной цели. Завершаю-

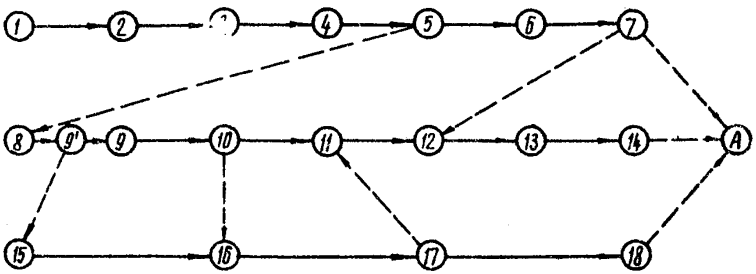

Рис.I. Пример сетевого графика

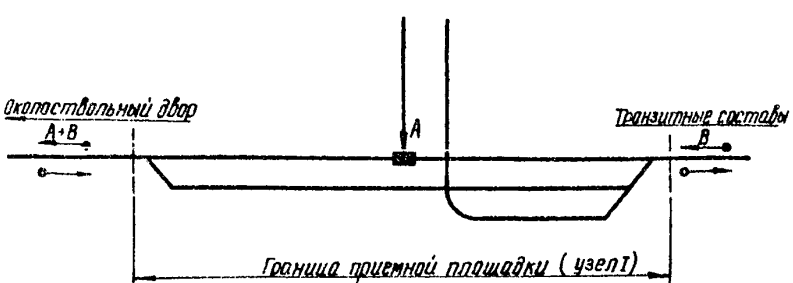

Рис.2. Схема приемной площадки, расположенной на основной транспортной магистрали

щее событие не имеет следующих за ним работ, поэтому в сети из него не выходит ни одной стрелки (например, событие А, на рис.I);

в) промежуточное событие или просто событие - результат одной или совокупный результат нескольких работ, представляющий возможность начать одну или несколько непосредственно следующих работ.

Всякая работа сетевого графика соединяет два события: непосредственно предшествующее данной работе (являющееся для нее начальным событием) и следующее за ней (являющееся для нее конечным событием). Всем событиям присваиваются определенный номер (цифровой код). Таким образом, всякая работа сети может быть закодирована номерами ее начального и конечного событий. Например, на рис.I работы обозначаются как (I,2), (2,3), (3,4), (4,5), (5,6) и т.д.

Продолжительность выполнения работы измеряется в единицах времени: секундах, минутах. В отличие от работы событие не является процессом и не имеет продолжительности. Наступление события соответствует моменту окончания последней из работ, непосредственно предшествующей данному событию. Событие не может наступить, пока не закончатся все предшествующие ему работы.

Если какие-либо работы в сети могут быть начаты до полного окончания непосредственно предшествующей им работы, то эта последняя может быть представлена как сумма таких последовательно выполняемых работ, результаты которых необходимы и достаточны для начала следующих за ними работ (на рис.I работа 8-9, разбивается на 8-9′ и 9′-9).

Любая последовательность работ в сети, в которой конечное событие каждой работы совпадает с начальным событием следующей за ней работы, называется путем. Возможность в наглядной форме представить ту последовательность работ, которая определяет интервал входа составов в границы узла, выгодно отличает применение сетевых графиков от графиков других типов.

§ 2. Временные характеристики (параметры) сети

Продолжительность работ, а следовательно, и моменты наступления событий рассматриваются как случайные величины, в связи с чем наиболее важными временными характеристиками рассматриваемых сетевых моделей являются параметры законов распределения продолжительности отдельных элементов маневрирования и маневровых операций.

Параметры законов распределения длительности элементов маневрирования, установленные в результате обработки данных хронометражных наблюдений за работой электровозной откатки, приведены в табл.I.

Определение среднеквадратического отклонения продолжительности такой маневровой операции, как проезд электровозом участка, при известных параметрах закона распределения скорости движения на этом участке (v_0 и σ_v) производится с помощью определения момента функции $y = \frac{1}{v}$ и ее распределения Шарлье.

$$M(y) \approx \frac{1}{v_0} = \frac{1}{M(v)}, \qquad (1)$$

$$\sigma(y) \approx \frac{\sigma_v}{v_0^2}, \qquad (2)$$

$$t = L \cdot \frac{1}{v}, \qquad (3)$$

$$\sigma_t = L \cdot \sigma_y . \qquad (4)$$

Случайная величина y имеет приближенно нормальное распределение, ее математическое ожидание обратно математическому ожиданию v, а коэффициент вариации такой же, как у v.

Сделав числовые расчеты по формулам (I–4) для различных скоростей движения электровоза, указанных в табл.I, получим следующие зависимости (табл.2).

Среднеквадратическое отклонение продолжительности работы или комплекса работ определяется по теореме сложения дисперси (обобщенной для алгебраической суммы нескольких слагаемых).

Таблица I

Параметры законов распределения длительности элементов маневрирования

Элементы маневрирования	Единица измерения	Закон распределения длительности элементов маневрирования	Параметры закона распределения	
			математическое ожидание, m	среднеквадратическое отклонение, σ
Скорость движения электровоза в хвосте состава (при заталкивании)	м/сек.	нормальный	I,0	0,2
Скорость движения электровоза в голове груженого состава	м/сек.	-"-	I,25	0,2
Скорость движения электровоза в голове состава с порожняком	м/сек.	-"-	I,5	0,25
Скорость движения электровоза резервом	м/сек.	-"-	2,0	0,5
Время проезда электровозом стрелок, съездов	сек.	-"-	20,0	5,0
Пуск электровоза	сек.	-"-	20,0	5,0
Перемена хода движения электровоза	сек.	-"-	I0,0	3,0
Продолжительность прицепки (отцепки) электровоза к составу	сек.	-"-	I0,0	3,0

Таблица 2

Среднеквадратические отклонения продолжительности проездов участков

Скорость движения электровоза		Среднеквадратическое отклонение продолжительности проезда участка длиной L, м, σ_t; сек.
Математическое ожидание (среднее значение) v_0, м/сек.	Среднеквадратическое отклонение, σ_v, м/сек.	
I,0	0,20	$0{,}20 \cdot L$
I,25	0,20	$0{,}128 \cdot L$
I,50	0,25	$0{,}112 \cdot L$
2,0	0,5	$0{,}125 \cdot L$

Если $U=ax+by+cz+\cdots+z$, где x,y,z - взаимно независимые случайные величины; $a,b,c,\ldots,z$ - определенные величины, то дисперсия U определяется формулой

$$\sigma_u^2=a^2\sigma_x^2+b^2\sigma_y^2+c^2\sigma_z^2+\cdots+0. \qquad (5)$$

ГЛАВА II. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО РАСЧЕТУ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ ТРАНСПОРТНЫХ УЗЛОВ С ПОМОЩЬЮ СЕТЕВЫХ ГРАФИКОВ

§ I. Исходные данные для расчета

Основными исходными данными для расчета пропускной способности околоствольных дворов являются:

I. Схема рельсовых путей околоствольного двора с указанием длин отдельных ее участков.

2. Схема маневров в околоствольном дворе (порядок движения и маневрирования).

3. Проектный объем перевозок с отдельных крыльев шахты:

а) горной массы (угля), т/сутки;

б) породы, т/сутки;

в) материалов и оборудования, составов/сутки.

4. Длина состава, м (отдельно для угольного и породного).

5. Число часов работы околоствольного двора в сутки, T, час.

Примечание: I. Пункты 3а и 3б могут быть представлены в составах/сутки.

2. При необходимости определения пропускной способности в т/сутки по углю дополнительно должна быть указана расчетная грузоподъемность угольного состава (т).

Основными исходными данными для расчета пропускной способности основных приемных площадок (стационарных погрузочных пунктов) бремсбергов и уклонов, расположенных на основной

транспортной магистрали (рис.2), являются:

I. Схема рельсовых путей приемной площадки с указанием длин отдельных ее участков.

2. Схема маневров в пределах приемной площадки (погрузочного пункта).

3. Проектный объем транзитных перевозок через приемную площадку в сторону околоствольного двора и объем грузов, непосредственно поступающих с данной приемной площадки (с погрузочного пункта конвейерного ходка, приемно-отправительной площадки вспомогательной наклонной выработки):

а) горной массы, м/сутки;

б) породы, т/сутки;

в) материалов и оборудования, составов/сутки.

4. Длина состава, м (угольных и породных).

5. Число часов работы откатки на данном горизонте шахты, Т, час.

Вес состава поезда и необходимое количество рейсов для вывоза заданного объема грузоперевозок определяется согласно [8] .

§ 2. Объем сетевых графиков

При расчете пропускной способности транспортных узлов объем сетевых графиков зависит от возможных комбинаций в чередовании составов при их поступлении в границы транспортного узла.

При расчетах учитываются следующие наиболее возможные варианты в чередовании составов.

а). Для околоствольных дворов

I. Два угольных состава со стороны большего грузопотока.

2. Два угольных состава со стороны меньшего грузопотока.

3. Угольные составы со стороны большего и меньшего грузопотоков.

4. Угольные составы со стороны меньшего и большего грузопотоков.

Аналогичный порядок чередования и для смешанных составов.

б). Для основных приемных площадок

(Стационарных погрузочных пунктов) бремсбергов и уклонов, расположенных на основной транспортной магистрали

I. Два состава, поступающих под погрузку на погрузочный пункт.

2. Два порожняковых состава, проходящих транзитом через приемную площадку (погрузочный пункт).

3. Два груженых состава, проходящих транзитом через приемную площадку в сторону околоствольного двора.

4. Груженый состав, проходящий транзитом через приемную площадку, и порожняковый состав, подаваемый под погрузку на данный погрузочный пункт.

5. Груженый состав, проходящий транзитом в сторону околоствольного двора, и порожняковый состав, проходящий транзитом в обратную сторону.

6. Порожняковый состав, подаваемый под погрузочный пункт для обмена, и порожняковый состав, проходящий транзитом через приемную площадку (погрузочный пункт).

7. Порожняковый и груженый составы, проходящие транзитом через приемную площадку (погрузочный пункт) в противоположном направлении.

8. Порожняковый состав, проходящий транзитом, и порожняковый состав, подаваемый под погрузку.

Для приемных площадок бремсбергов и уклонов строятся дополнительно сетевые графики, определяющие время увеличения такта работы площадки по угольным составам от задержек выполнения ими маневровых операций при поступлении породных, материальных и составов с оборудованием на ветвь приемно-отправительной площадки наклонной вспомогательной выработки и выходе их из нее.

Такими дополнительными сетевыми графиками являются:

I). Сетевой график маневрирования специализированного

породного (с материалами) состава в границах приемной площадки в комплексе с угольными составами, поступающими на погрузочный пункт конвейерного подка для обмена.

2. Сетевой график маневрирования специализированного породного состава в границах приемной площадки в комплексе с транзитными груженными составами, движущимися в сторону околоствольного двора.

3. Сетевой график маневрирования специализированного породного состава в границах приемной площадки в комплексе с транзитными порожняковыми составами, движущимися со стороны околоствольного двора.

§ 3. Подготовка к построению сетевых графиков

Перед построением сетевых графиков выполняются следующие подготовительные работы:

I. Разбивка схемы рельсовых путей транспортного узла на отдельные участки с присвоением им соответствующей нумерации. В пределах участка, как правило, возможна работа одного локомотива.

2. Разбивка всего комплекса маневровых операций (схемы маневров) составов в пределах границ транспортного узла на ряд "работ" и "событий".

Принятые обозначения событий и работ заносятся в таблицу следующей формы (табл.3).

Таблица 3

Обозначение событий и работ

Наименование события	№ события	Наименование работы	№ работы

Для приемной площадки (погрузочного пункта)таблица заполняется для составов, поступающих в следующей очередности:

I. Порожняковый состав, поступающий на погрузочный пункт приемной площадки для замены на груженый.

2. То же.

3. Порожняковый состав, проходящий транзитом приемную площадку (погрузочный пункт) со стороны околоствольного двора.

4. То же.

5. Груженый состав, проходящий транзитом в сторону околоствольного двора.

6. То же.

7. Порожняковый состав, поступающий на погрузочный пункт приемной площадки для замены на груженый.

8. Груженый состав, проходящий транзитом в сторону околоствольного двора.

9. Порожняковый состав, проходящий транзитом со стороны околоствольного двора.

IO. Порожняковый состав, поступающий на погрузочный пункт для замены на груженый.

Для околоствольного двора табл.3 заполняется для составов, поступающих в следующей очередности:

I. Груженый состав со стороны большего грузопотока.

2. То же.

3. Груженый состав со стороны меньшего грузопотока.

4. То же.

5. Груженый состав со стороны большего грузопотока.

В другую таблицу аналогичной формы заносятся наименования работ и событий при маневрировании смешанных составов или специализированных породных в пределах околоствольного двора.

Для приемной площадки (погрузочного пункта) в таблицу заносятся работы и события при движении специализированного (породного, материального, с оборудованием) состава и следующих за ним угольных составов, поступающих на данную приемную площадку для обмена до выхода этого специализированного породного состава с границ узла.

В следующие такие таблицы заносятся работы и события породных и транзитных составов аналогично предыдущему.

В каждой таблице нумерация событий и работ приводится сначала.

3. Определение характеристик "работ".

а). Для всех работ, входящих в вышеуказанные таблицы, определяется количество и последовательность отдельных маневровых операций, составляющих собственно эти работы, например, проезд электровозом стрелки, отцепка и прицепка к составу, движение от стрелки до стрелки и т.д.

б). Определяется средняя продолжительность каждой операции, входящей в работу.

в). Определяется среднеквадратическое отклонение продолжительности маневровой операции.

Расчеты ведутся в соответствии с указаниями § 2 главы I.

Результаты расчета заносятся в таблицу следующей формы (табл.4).

Таблица 4

Расчет параметров работ

Наименование маневровых операций	Средняя продолжительность операции, сек.	Среднеквадратическое отклонение продолжительности элементов маневрирования	Среднеквадратическое отклонение продолжительности маневровой операции, мин.
	Работа №		
. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .
Продолжительность работы №	. . . . .	. . . . .	. . . . .
Дисперсия			
	Работа №		
. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .

§ 4. Построение сетевых графиков

Построение сетевого графика ведется в соответствии с основными правилами, изложенными в § I главы I. При построении графика необходимо выдержать следующие требования: локомотив не должен стоять на путях транспортного узла, ожидая, когда освободятся участки пути, занятые предыдущим локомотивом, и занимать эти участки раньше, чем их освободит предыдущий локомотив. Локомотивы должны поступать в границы транспортного узла без задержек.

На графике над каждой работой приводится ее временная характеристика:

продолжительность работы - t и ее дисперсия - σ_t^2 .

§.5. Определение значения минимальных интервалов между поступлениями в транспортный узел составов с различных направлений

По графику каждой пары следующих друг за другом составов определяются промежутки времени между их возможными поступлениями на каждый из участков транспортного узла.

Эти интервалы определяются как разность путей, сходящихся к событию, означающему момент входа следующего по очередности состава на рассматриваемый участок транспортного узла. Длительность интервала определяется разностью продолжительности этих путей, а дисперсия интервала - суммой дисперсий путей.

За минимальный интервал между поступлением рассматриваемой пары составов в транспортный узел принимается наибольший из промежутков времени между их прибытиями на отдельные участки, поскольку только в этом случае может быть обеспечено обслуживание последующего состава в транспортном узле без простоев по на каком-либо из участков.

Для околоствольных дворов определяются минимальные интервалы между поступлением составов, прибывающих с углем соответственно

а) со стороны большего грузопотока;

б) большего и меньшего грузопотока;

в) меньшего грузопотока;

г) меньшего и большего грузопотоков.

Аналогичные интервалы определяются и для смешанных или специализированных составов с породой, оборудованием и т.д. (в зависимости от принятой организации работ).

Для приемных площадок наклонных выработок (погрузочных пунктов), расположенных на основной транспортной магистрали, определяются следующие интервалы:

а) минимальный интервал между поступлением двух составов на исследуемый (проектируемый) транспортный узел под погрузку (обмен порожнякового состава на груженый);

б) минимальные возможные интервалы между поступлением составов на данный транспортный узел и проходящих транзитом со стороны околоствольного двора;

в) минимальный интервал между входом в границы узла двух транзитных составов, движущихся со стороны околоствольного двора;

г) минимальный интервал между входом в границы узла порожнякового и груженого транзитных составов, движущихся в противоположных направлениях;

д) минимальный интервал между входом в границы узла транзитных груженых составов, движущихся в сторону околоствольного двора;

е) минимальный интервал между входом в границы узла груженого транзитного состава и поступлением состава на данный погрузочный пункт;

ж) минимальный интервал между входом в границы узла груженого и порожнякового транзитных составов, движущихся в противоположных направлениях;

з) минимальный интервал между входом в границы узла транзитного порожнякового состава и поступлением состава на данный погрузочный пункт.

Для этого типа приемных площадок определяются также минимальные интервалы между входами в границы транспортного узла

специализированного (породного, материального, с оборудованием) состава и соответственно

а) угольного состава, поступающего на погрузочный пункт;

б) груженого транзитного состава;

в) порожнего транзитного состава.

Для приемных площадок (погрузочных пунктов), изолированных в известной степени от других пунктов погрузки, т.е. при отсутствии транзитных составов, определяется:

а) минимальный интервал между обменом угольных составов и

б) минимальный интервал между входом в границы узла специализированного состава, поступающего на вспомогательную грузовую и .лонную выработку, и угольным составом, поступающим на данный погрузочный пункт.

§ 6. Определение такта работы околоствольного двора

Величина такта определяется как среднее значение минимальных интервалов между поступлением составов в транспортный узел.

Для определения такта работы необходимо:

I. Определить количество составов с углем, прибывающих в течение суток со стороны большего (А) и меньшего (В) грузопотоков.

2. Определить отношение грузопотоков, поступающих с разных направлений

$$\gamma = \frac{A}{B}. \qquad (6)$$

3. Определить отношение количества смешанных составов к общему количеству составов, прибывающих в околоствольный двор $\gamma_{см}$, которое определяется организацией откатки и объемом перевозимых вспомогательных грузов.

4. Определить по сетевым графикам (см. § 5 гл.П) минимальные интервалы между поступлением составов со стороны большего грузопотока, большего и меньшего грузопотока, меньшего

грузопотока, меньшего и большего грузопотока, соответственно - $\tau_{y.1}, \tau_{y.2}, \tau_{y.3}, \tau_{y.4}$ мин. и дисперсии минимальных интервалов, соответственно - $\sigma^2_{\tau 1}, \sigma^2_{\tau 2}, \sigma^2_{\tau 3}, \sigma^2_{\tau 4}$, мин.^{2}

Аналогично и при поступлении смешанных составов.

Такт работы и его дисперсия определяются

$$\tau_y = \frac{\frac{3\gamma-1}{\gamma+1}\cdot\tau_{y.1} + \tau_{y.2} + \frac{3-\gamma}{\gamma+1}\cdot\tau_{y.3} + \tau_{y.4}}{4}, \text{ мин} \quad (7)$$

$$\sigma^2_{\tau.y} = \frac{\left(\frac{3\gamma-1}{\gamma+1}\right)^2\sigma^2_{\tau 1} + \sigma^2_{\tau 2} + \left(\frac{3-\gamma}{\gamma+1}\right)^2\sigma^2_{\tau 3} + \sigma^2_{\tau 4}}{16}, \text{ мин}^2 \quad (8)$$

Аналогично определяется такт работы околоствольного двора при поступлении смешанных составов ($\tau_{см}$).

При известных значениях τ_y и $\tau_{см}$ определяются

а) средний такт работы околоствольного двора

$$\tau_{ср.} = \tau_y + \gamma_{см.}(\tau_{см} - \tau_y), \text{ мин}, \quad (9)$$

б) дисперсия

$$\sigma^2_\tau = \sigma^2_{\tau.y} + \gamma^2_{см.}(\sigma^2_{\tau.см} + \sigma^2_{\tau.y}), \text{ мин}^2, \quad (10)$$

в) колебание такта

$$\tau = \tau_{ср.} \pm Z\cdot\sigma_\tau, \text{ мин}, \quad (11)$$

где Z - квантиль вероятности отклонения продолжительности такта от среднего значения $\tau_{ср}$. При доверительном интервале вероятности 95 % $Z = 2$, при 99,73 % - $Z = 3$;

σ - среднеквадратическое отклонение - мера рассеивания значений такта, как случайной величины, около ее математического ожидания (среднего такта $\tau_{ср.}$).

§ 7. Определение такта работы приемной площадки (погрузочного пункта), расположенной на главной магистрали

Для приемных площадок наклонных выработок и стационарных погрузочных пунктов, расположенных на основной транспортной магистрали, такт работы определяется как среднее значение минимальных интервалов между выходом груженых составов из границ транспортного узла в сторону околоствольного двора.

Для определения такта работы необходимо:

I. Определить количество составов с углем, уходящих в течение суток из транспортного узла в сторону околоствольного двора, нагружаемых на данном погрузочном пункте (А) и проходящих транзитом через него (В).

2. Определить количество специализированных породных, материальных и составов с оборудованием, уходящих в течение суток из транспортного узла в сторону околоствольного двора, поступающих с данной наклонной выработки (A^I) и проходящих транзитом через узел (B^I).

3. Определить отношение количества специализированных породных (материальных) составов, поступающих с приемно-отправительной площадки наклонной выработки (или прибывающих для обмена) данного транспортного узла к количеству угольных составов этого узла

$$\alpha_1 = \frac{A'}{A}. \qquad (I2)$$

4. Определить отношение количества породных и материальных специализированных составов, проходящих транзитом через исследуемый транспортный узел, к количеству транзитных угольных соста-

вов

$$\alpha_2 = \frac{B^{T}}{B}. \qquad (13)$$

5. Определить отношение количества угольных составов, уходящих в течение суток с данного погрузочного пункта, к общему количеству транзитных угольных составов

$$\gamma = \frac{A}{B}. \qquad (14)$$

6. Определить отношение количества угольных составов данного погрузочного пункта к количеству всех транзитных составов, движущихся через данный транспортный узел в сторону околоствольного двора

$$\gamma_T = \frac{A}{B+B^{T}} = \frac{A}{B^{T}}, \qquad (15)$$

где B^{T} - сумма транзитных составов, движущихся в сторону околоствольного двора.

7. Определить по сетевому графику (см. § 5 гл.П) маневрирования угольных составов следующие минимальные интервалы:

τ_1 - минимальный интервал между поступлением двух составов на исследуемый (проектируемый) транспортный узел для обмена порожняка на груз (подача под погрузку), мин.;

τ_2, τ_7 - минимальные возможные интервалы между поступлениями составов на данный узел и проходящих транзитом со стороны околоствольного двора (порожняковые составы), мин.;

τ_3 - минимальный интервал между входом в границы транспортного узла транзитных составов, движущихся со стороны околоствольного двора (порожняковые составы), мин.;

τ_4 - минимальный интервал между входом в границы узла порожнякового и груженого транзитных составов, движущихся в противоположных направлениях, мин.;

τ_5 - минимальный интервал между входом в границы узла транзитных груженых составов, движущихся в сторону околоствольного двора, мин.;

τ_6 - минимальный интервал между входом в границы узла груженого транзитного состава и поступлением состава на данный погрузочный пункт, мин.;

τ_8 - минимальный интервал между входом в границы узла груженого и порожнякового транзитных составов, мин.;

τ_9 - минимальный интервал между вводом в границы узла транзитного порожнякового состава и поступлением состава под погрузку на данный узел.

Определяются дисперсии соответствующих минимальных интервалов - $\sigma^2_{\tau 1}, \sigma^2_{\tau 2}, \sigma^2_{\tau 3}, \sigma^2_{\tau 4}, \sigma^2_{\tau 5}, \sigma^2_{\tau 6}, \sigma^2_{\tau 7}, \sigma^2_{\tau 8}, \sigma^2_{\tau 9}$.

8. Определение средней величины минимальных интервалов между выходом из границ транспортного узла составов с углем и ее дисперсии (без учета влияния специализированного породных и материальных составов данного узла)

$$\tau_y = \frac{\frac{3\gamma-1}{\gamma+1}\cdot\tau_1 + \frac{3-\gamma}{\gamma+1}\cdot\tau_5 + \frac{\tau_2+\tau_3(1+\alpha_2)+\tau_4+\tau_6+\tau_7+\tau_8+\tau_9}{2}}{4}, \text{ мин} \quad (16)$$

$$\sigma^2_{\tau y} = \frac{\left(\frac{3\gamma-1}{\gamma+1}\right)^2\cdot\sigma^2_{\tau 1} + \left(\frac{3-\gamma}{\gamma+1}\right)^2\cdot\sigma^2_{\tau 5}}{16} + \quad (17)$$

$$+ \frac{\sigma^2_{\tau 2} + (1+\alpha_2)^2\cdot\sigma^2_{\tau 3} + \sigma^2_{\tau 4} + \sigma^2_{\tau 6} + \sigma^2_{\tau 7} + \sigma^2_{\tau 8} + \sigma^2_{\tau 9}}{64}, \text{ мин}^2$$

9. а) определение средней величины времени задержки одного угольного состава специализированным породным или материальным составом, прибывающим на приемно-отправительную площадку вспомогательной грузовой наклонной выработки и уходящих с нее

$$t_з^{I} = \frac{\tau_c^{I} + t_з^{y}}{N_к + 1}, \text{ мин}, \qquad (18)$$

$$t_з^{гг} = \frac{\tau_c^{г} + t_з^{г}}{N_i + 1}, \text{ мин}, \qquad (19)$$

$$t_з^{гп} = \frac{\tau_c^{п} + t_з^{п}}{N_j + 1}, \text{ мин}, \qquad (20)$$

где $t_з^{I}, t_з^{гг}, t_з^{гп}$ - среднее время задержки специализированным породным составом (или составом с материалами, оборудованием и пр.) соответственно одного угольного состава, поступающего на данный погрузочный пункт, груженого и порожнякового транзитных составов, мин.;

$\tau_c^{I}, \tau_c^{г}, \tau_c^{п}$ - минимальные интервалы между входами в границы транспортного узла специализированного породного состава и соответственно угольного состава, поступающего на данный погрузочный пункт для обмена груженого и порожнякового транзитных составов, мин.;

$t_з^{y}, t_з^{г}, t_з^{п}$ - соответственно задержки в движении составов, поступающих на погрузочный пункт, груженых и порожняковых транзитных составов, обусловленные движением с приемно-отправительной площадки вспомогательной наклонной выработки (бремсберга, уклона) специализированных составов, мин. Эти задержки определяются из графиков, как разность между соответствующим минимальным

интервалом без учета влияния работы наклонной выработки и действительным интервалом, следующим за выходом специализированного состава с площадки вспомогательной наклонной выработки;

$N_к, N_i, N_j$ - соответственно количество угольных составов, загружаемых у погрузочного пункта, транзитных груженых и порожняковых составов, которые проходят через погрузочный пункт за промежуток времени от момента входа до момента выхода специализированного состава из границ транспортного узла; определяются при построении сетевых графиков (см. пример I).

б) среднее время задержки одним специализированным порожним составом транзитного состава

$$t_{\bar{з}}^{т} = \frac{t_{з}^{тг} + t_{з}^{тп}}{2}, \text{мин}, \qquad (21)$$

в) определение дисперсии продолжительности соответствующих задержек

$$\sigma^2_{t'_{з}} = \frac{\sigma^2_{\tau'_{с}} + \sigma^2_{t^{у}_{з}}}{(N_к + 1)^2}, \text{мин}^2 \qquad (22)$$

$$\sigma^2_{t^{тг}_{з}} = \frac{\sigma^2_{\tau^{г}_{с}} + \sigma^2_{t^{г}_{з}}}{(N_i + 1)^2}, \text{мин}^2 \qquad (23)$$

$$\sigma^2_{t^{тп}_{з}} = \frac{\sigma^2_{\tau^{п}_{с}} + \sigma^2_{t^{п}_{з}}}{(N_j + 1)^2}, \text{мин}^2 \qquad (24)$$

$$\sigma^2_{t^{T}z} = \frac{\sigma^2_{t^{TT}z} + \sigma^2_{t^{TT}z}}{4}, \text{мин}^2. \qquad (25)$$

10. Определение средней величины и дисперсии времени, увеличивающего такт работы транспортного узла по угольным груженым составам.

$$\tau_{yz} = \frac{\alpha_1 \gamma_T (\gamma_T \cdot \tau^{I}_{z} + \tau^{T}_{z})}{(\gamma_T + 1)^2}, \text{мин}. \qquad (26)$$

$$\sigma^2_{\tau y z} = \frac{\alpha_1 \gamma_T^2}{(\gamma_T + 1)^4} (\gamma_T^2 \sigma^2_{\tau' z} + \sigma^2_{\tau^{T} z}), \text{мин}^2. \qquad (27)$$

При известных значениях τ_y и $\tau_{y \cdot z}$ определяются

а) средний такт работы транзитного узла (приемной площадки, погрузочного пункта) по угольным составам

$$\tau_{cp} = \tau_y + \tau_{y \cdot z}, \text{мин} \qquad (28)$$

б) дисперсия такта

$$\sigma^2_{\tau} = \sigma^2_{\tau y} + \sigma^2_{\tau y z}, \text{мин}^2. \qquad (29)$$

в) колебание такта

$$\tau = \tau_{cp} \pm Z \sigma_{\tau}. \qquad (30)$$

§ 8. Определение пропускной способности транспортного узла

а). Часовая пропускная способность транспортного узла изменяется в пределах

$$\text{от } \frac{60}{\tau_{ср} + z\sigma} \quad \text{до } \frac{60}{\tau_{ср} - z\sigma} \text{ составов,} \qquad (31)$$

б). Суточная пропускная способность транспортного узла по угольным составам:

$$A_{сут.уз} = \frac{60 \cdot T}{(\tau_{ср} \pm z\sigma) K}, \text{ составов,} \qquad (32)$$

где T - число часов работы откатки в сутки, час;
K - коэффициент резерва пропускной способности, принимается по Нормам технологического проектирования.

ГЛАВА III. ПРИМЕРЫ РАСЧЕТА ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ СЛОЖНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ УЗЛОВ

Пример I

Проектируемая шахта "Обуховская-Западная" имеет сложный транспортный узел, расположенный на основной транспортной магистрали (коренном откаточном штреке).

Узел объединяет стационарный погрузочный пункт панельного конвейерного хода и приемно-отправительную площадку вспомогательного грузового бремсберга.

Через транспортный узел в сторону околоствольного двора и обратно проходят транзитом груженые и порожняковые составы,

направляющимся к другим участкам.

Один из вариантов схемы рельсовых путей рассматриваемого узла показан на рис.3.

Количество вагонеток ВД-8 в угольном составе равно 26 шт. Вес состава 9,4х26=226 т. Длина состава с электровозом К28-2 равна $\ell_{сост.уг.}$ = 11,2+6,3х26=175 м.

Количество вагонеток ВД-2,5 в породном составе равно 42 шт. Вес состава 4,0х42=168 т.

Длина породного состава с электровозом К28-2 равна $\ell_{сост.пор.}$ = 11,2+3,0х42=137 м.

Суточный объем перевозок приведен в табл.5. Число часов работы откатки по вывозу груза T = 18 час.

Определим суточную пропускную способность данного транспортного узла.

1. Схема маневров в пределах приемной площадки

Откаточные пути площадки разбиваем на десять участков.

В пределах приемной площадки принят следующий порядок маневрирования электровоза.

I. Угольный состав данного погрузочного пункта

Прибывающий со стороны околоствольного двора порожняковый состав с электровозом в голове состава протягивается по верхнему пути I и далее через стрелку 3 переходит на нижний путь II. Затем задним ходом по пути II-III состав заталкивается под погрузочный пункт.

Заталкнув состав, электровоз отцепляется от состава, переходит первой через стрелку 3 и путь I, затем через стрелку I переходит на нижний путь IУ, прицепляется к груженому составу, и по путям IУ и У отправляется в сторону околоствольного двора. Маневрирование электровоза по обмену составов на погрузочном пункте заканчивается.

Таблица 5

Основные исходные данные

Наименование	Объем перевозок, горная масса / порода т/сутки	Плановое (расчетное) количество составов, состав/сутки		
		угольных	породных	материалами и оборудованием
Брамсберг № 3 (исследуемый транспортный узел)	2820 / 640	I3	4	I
Транзитный груз	3040 / 690	I4	5	I

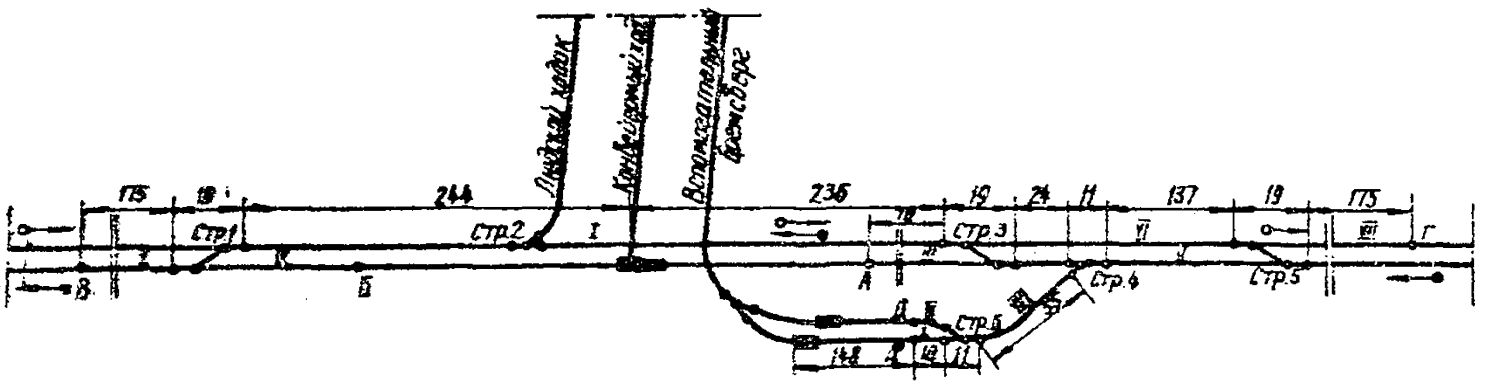

Рис.3. Схема рельсовых путей нижней приемной площадки бремсберга проектируемой шахты "Обуховская-Западная"

II. Транзитный состав, движущийся со стороны околоствольного двора

Прибывающий границам площадки, транзитный состав продолжает движение по верхнему пути I, УI, УП.

III. Транзитный состав, движущийся в сторону околоствольного двора

Прибывающий груженый состав с электровозом в голове состава проходит через стрелку 5 на путь УI и далее по пути УI и I продолжает движение до стрелки I. Затем состав через стрелку I переходит на путь У и продолжает движение до околоствольного двора.

IУ. Специализированный породный состав данной приемной площадки

Прибывающий со стороны околоствольного двора шахты порожняковый состав с электровозом в голове состава протягивается по верхнему пути I и далее через стрелку 3 переходит на нижний путь П. Затем задним ходом через стрелку 4 по пути УП и стрелку 6 состав заталкивается на порожняковую ветвь приемно-отправительной площадки вспомогательного грузового бремсберга. Далее электровоз отцепляется от порожнякового (или с материалами) состава переходит через стрелку 6 на грузовую ветвь этой площадки и прицепляется к груженому составу. Через стрелку 6, путь УП, стрелку 4 состав подается на путь П. Затем электровоз отцепляется; через стрелку 5, путь УI, стрелку 3 переходит в голову состава и прицепляется.

Прицепившись к составу, электровоз через стрелку 3 переходит на путь I и далее следует по этому пути до стрелки I, переходит через стрелку I на путь У, продолжая далее путь в сторону околоствольного двора. Маневрирование электровоза по обмену составов на этом заканчивается.

2. Строим сетевой график маневрирования для десяти составов, поступающих в соответствии с принятым порядком очередности их поступления (см. гл.П § 2, пункт б), а именно:

два угольных состава, поступающих на погрузочный пункт для обмена ($Iу$);

два порожняковых состава, проходящих транзитом через приемную площадку ($Tп$);

два груженых состава, проходящих транзитом через приемную площадку в сторону околоствольного двора ($Tг$);

угольного состава, поступающего на погрузочный пункт для обмена ($Iу$);

груженый ($Tг$) и порожняковый ($Tп$) транзитные составы, движущиеся через приемную площадку в противоположных направлениях;

угольный состав, поступающий на погрузочный пункт для обмена ($Iу$).

Принятые обозначения "событий" и "работ" в соответствии со схемой маневров в пределах приемной площадки заносим в табл.6 (форма таблицы аналогична табл.3).

График представлен на рис.4.

На построенном сетевом графике количество горизонтальных линий, состоящих из ряда отрезков (работ), соответствует числу последовательно поступающих в границы узла составов. Стрелки наклонных отрезков означают технологическую зависимость между маневровыми операциями (работами).

Эти наклонные отрезки представляют фиктивные работы и имеют вспомогательный характер для правильного построения сетевого графика. Продолжительность фиктивной работы (зависимости) принимается равной нулю. Так, например, на рис.4 зависимость I0-I6 означает, что транзитный порожняковый состав может прибыть к стрелке 3 только после окончания работы 9-I0 по маневрированию угольного состава на участке II-III.

Событие А (рис.4) представляет собой условие, при которых будут завершены все работы, связанные с маневрированием всех десяти составов.

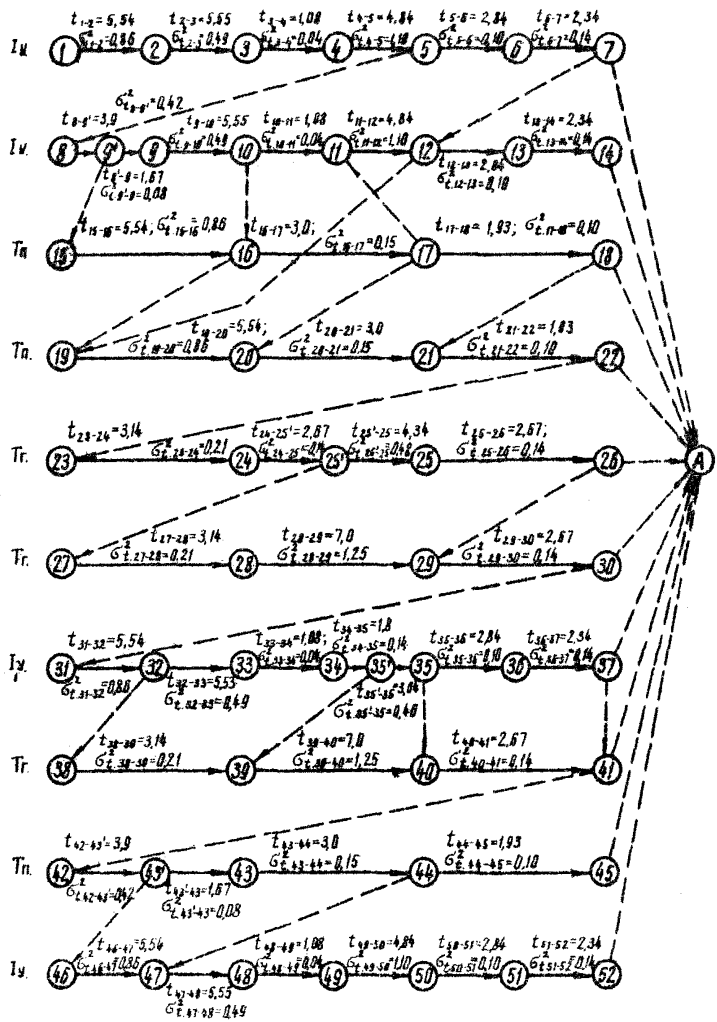

Рис.4. Сетевой график маневрирования угольных составов в границах приемной площадки

Таблица 6

Обозначение событий и работ графика рис.4

Наименование события	№ события	Наименование работы	№ работы
I-й состав (угольный состав, поступающий на погрузочный пункт для обмена (*Iу*)			
Прибытие к стр.I	I		
То же к стр.3	2	Маневры на участке I	I-2
Состав подан под погрузку	3	Маневры на участке II, III	2-3
Прибытие электровоза к стр.3	4	Маневры на участке III	3-4
Прибытие электровоза на участке У за стр.I	5	Маневры на участке I	4-5
Прицепка к груженому составу и прибытие к стр.I	6	Маневры на участке IУ	5-6
Убытие состава с участка У за точку В (границу площадки)	7	Маневры на участке У	6-7
2-й состав (угольный состав *Iу*)			
Прибытие к стр.I	8		
Убытие состава от стр.I на длину состава	9'	Маневры на участке I	8-9'
Прибытие состава к стр.3	9	Маневры на участке I	9'-9
Состав подан под погрузку	I0	Маневры на участке II-III	9-I0
Прибытие электровоза к стр.3	II	Маневры на участке III	I0-II
Прибытие электровоза участок У за стр.I	I2	Маневры на участке I	II-I2
Прицепка к груженому составу и прибытие к стр.I	I3	Маневры на участке IУ	I2-I3
Убытие состава с участка У за точку В	I4	Маневры на участке У	I3-I4

Продолжение табл.6

3-й состав (порожняковый состав, проходящий транзитом через транспортный узел)

Прибытие состава к стр.I	I5		
То же к стр.3	I6	Маневры на участке I	I5-I6
То же к стр.5	I7	Маневры на участке УI	I6-I7
Убытие состава с участка УI за точку Г	I8	Маневры на участке УП	I7-I8

4-й состав (порожняковый состав, проходящий транзитом через транспортный узел - $Тд$)

Прибытие состава к стр.I	I9		
То же к стр.3	20	Маневры на участке I	I9-20
То же к стр.5	2I	Маневры на участке У	20-2I
Убытие состава с участка УI за точку Г	22	Маневры на участке УП	2I-22

5-й состав (груженый состав, проходящий транзитом через узел - $Iг$)

Прибытие состава к стр.5	23		
Прибытие состава к стр.3	24	Маневры на участке УI	23-24
Убытие состава за стрелку 3	25'	Маневры на участке I	24-25'
Прибытие состава к стр.I	25	Маневры на участке I	25'-25
Убытие состава с участка	26	Маневры на участке У	25-26

6-й состав (груженый состав, проходящий транзитом через узел $Тг$)

Прибытие состава к стр.5	27		
Прибытие состава к стр.3	28	Маневры на участке УI	27-28
Прибытие состава к стр.I	29	Маневры на участке I	28-29
Убытие состава с участка У за точку В	30	Маневры на участке У	29-30

Продолжение табл.6

7-й состав (собственный угольный состав узла - Iу)

Прибытие состава к стр.I	3I		
То же к стр.3	32	Маневры на участке I	3I-32
Состав подан под загрузку	33	Маневры на участке II, III	32-33
Прибытие электровоза к стр.3	34	Маневры на участке III	33-34
Убытие электровоза за стр.3	35'	Маневры на участке I	34-35'
Прибытие электровоза на участке У за стр.I	35	Маневры на участке I	35'-35
Прицепка к груженому составу и прибытие к стр.I	36	Маневры на участке IУ	35-36
Убытие состава с участка У за точку В	37	Маневры на участке У	36-37

8-й состав (груженый состав, проходящий транзитом через узел Тг)

Прибытие состава к стр.5	38		
Прибытие состава к стр.3	39	Маневры на участке УI	38-39
Прибытие состава к стр.I	40	Маневры на участке I	39-40
Убытие состава с участка У за точку В	4I	Маневры на участке У	40-4I

9-й состав (порожняковый состав, проходящий транзитом через узел Тп)

Прибытие состава к стр.I	42		
Убытие состава за стр.I на длину состава	43'	Маневры на участке Е	42-43'
Прибытие к стр.3	43	Маневры на участке I	43'-43
Прибытие к стр.5	44	Маневры на участке УI	43-44
Убытие состава с участка УI за точку Г	45	Маневры на участке УII	44-45

Продолжение табл.6

10" состав (собственный состав, угольный состав узла 14)

Прибытие к стр.I	46		
То же к стр.3	47	Маневры на участке I	46-47
Состав подан под загрузку	48	Маневры на участке II,III	47-48
Прибытие электровоза к стр.3	49	Маневры на участке IУ	48-49
Прибытие электровоза на участок У за стр.I	50	Маневры на участке I	49-50
Прицепка к груженому составу и прибытие к стр.I	5I	Маневры на участке IУ	50-5I
Убытие состава с участка У за точку В	52	Маневры на участке У	5I-52

Предшествующие событию А работы (7-А, I4-А, I8-А, 22-А, 26-А, 30-А, 37-А, 4I-А, 45-А, 52-А) являются фиктивными и служат для получения непрерывных, логически увязанных между собой цепочек работ, которые должны быть осуществлены для завершения всего цикла маневрирования.

Событие I является исходным, оно не имеет предшествующих работ и представляет собой условие, при котором могут быть начаты работы цикла.

3. Определяем временные характеристики "работ".

В графу I таблицы 7 (форма таблицы аналогична табл.4) заносим наименование маневровых операций, входящих в состав каждой работы, например, проезд электровозом стрелки, пуск электровоза, отцепка и прицепка электровоза к составу и т.д.

По данным таблиц I и 2 настоящей методики определяется средняя продолжительность маневровых операций и их среднеквадратическое отклонение. Затем путем суммирования продолжительности последовательных операций каждой работы находим среднюю продолжительность каждой работы, а по формуле сложения дисперсий (5) определяем дисперсию ее.

Расчетные данные заносим в таблицу 7 и на сетевой график над каждой работой.

Например, средняя продолжительность работы 2-3 составляет 336 сек. или $t_{2\text{-}3} = 5{,}55$ мин., дисперсия $\sigma^2_{t\,2\text{-}3} = 0{,}49$ мин.^{2} и среднеквадратическое отклонение $\sigma_{t\,2\text{-}3} = \sqrt{\sigma^2_{t\,2\text{-}3}} = \sqrt{0{,}49} = 0{,}7$ мин. Эти расчетные данные получены следующим образом.

По данным таблицы I определяем, что проезд электровозом стрелки составляет в среднем 20 сек. и среднеквадратическое отклонение 5,0 сек. или 0,084 мин. Проезд электровозом участка П от стрелки 3 до стрелки 5 происходит за время $t = \frac{\ell_{\text{п}}}{v_{\text{ср}}} = \frac{195}{1{,}5} = 130$ сек. Среднеквадратическое отклонение от средней скорости по данным таблицы I составляет $\sigma_v = 0{,}25$ м/сек. Среднеквадратическое отклонение продолжительности этой маневровой операции - проезда участка П по данным таблицы 2-составляет $\sigma_t = 0{,}122\,\ell_{\text{п}}$ при $v_{\text{ср}} = 1{,}50$ м/сек. или $\sigma_t = 0{,}112 \cdot 195 = 21{,}8$ сек.$= 0{,}364$ мин.

Таблица 7

Расчет параметров работ графика рис.4

Наименование маневровых операций	Средняя продолжительность операции, сек.	Среднеквадратическое отклонение продолжительности элементов маневрирования	Среднеквадратическое отклонение продолжительности маршрутной операции, мин.
Проезд электровозом участка I	Работа I-2 $\frac{500}{1,5} = 332$	0,25 м/сек.	0,93
Продолжительность работы I-2	332 (t_{1-2} = =5,54 мин.)		
Дисперсия			$\sigma^2_{t\,1-2} = 0,865$ мин.^{2} $\sigma_{t\,1-2} = 0,93$ мин.
	Работа 2-3		
Проезд электровозом стрелки 3	20	5,0 сек.	0,084
Проезд участка II от стрелки 3 до стрелки 5	$\frac{195}{1,5} = 430$	0,25 м/сек.	0,364
Пуск электровоза	20	5,0 сек.	0,084
Затягивание состава под погрузку	$\frac{176}{1,0} = 176$	0,20 м/сек.	0,586
Отцепка электровоза от состава	10	3,0 сек.	0,05
Продолжительность работы 2-3	356 (t_{2-3} = 5,55 мин.)		
Дисперсия			$\sigma^2_{t\,2-3} = 0,470$ мин.^{2} $\sigma_{t\,2-3} = 0,70$ мин.

и т.д. для всех работ графика

Пуск электровоза 20 сек. и среднеквадратическое отклонение продолжительности этой операции 5,0 сек. или 0,084 мин.

Заталкивание состава под погрузку

$$t = \frac{176}{1,0} = 176 \text{ сек.}$$

$$\sigma_t = 0,20 \cdot 176 = 35,2 \text{ сек.} = 0,586 \text{ мин.}$$

Продолжительность отцепки электровоза от состава составляет 10 сек., и среднеквадратическое отклонение этой операции составляет 3,0 сек. или 0,05 мин.

Полученные расчетные данные заносятся в соответствующие графы таблицы 7.

Затем суммируем средние продолжительности маневровых операций (графа 2), получая тем самым продолжительность работы 2-3

$$t_{2-3} = 20+130+20+176+10 = 356 \text{ сек.}$$

По формуле (5) определяем дисперсию продолжительности работы 2-3

$$\sigma^2_{t2-3} = 0,084^2+0,364^2+0,084^2+0,586^2+0,05^2 = 0,467 \text{ мин}^2$$

и

$$\sigma_{t2-3} = \sqrt{0,467} = 0,70 \text{ мин.}$$

Аналогичные вычисления производятся для каждой работы и результаты расчета заносятся в таблицу (в данном примере в таблице 7 они не приводятся).

4. Определяем интервалы между возможными поступлениями составов.

Определение этих интервалов ведется в соответствии с § 5 главы II настоящей методики.

а). Минимальный интервал τ_i между поступлением двух составов (Iy) на исследуемый (проектируемый) транспортный узел для обмена порожняка на груз (подача под погрузку) опре-

деляется как разность путей, сходящихся к событию 8, означающему момент входа следующего по очередности состава на рассматриваемый участок транспортного узла. Дисперсия интервала определяется суммой дисперсий этих путей.

$$\tau_1 = t_{1-2} + t_{2-3} + t_{3-4} + t_{4-5} + t_{5-8} =$$
$$= 5,54 + 5,55 + 1,08 + 4,84 + 0 = 17,01 \text{ мин.}$$

$$\sigma^2_{\tau_1} = \sigma^2_{t\,1-2} + \sigma^2_{t\,2-3} + \sigma^2_{t\,3-4} + \sigma^2_{t\,4-5} + \sigma^2_{t\,5-8} =$$
$$= 0,93^2 + 0,70^2 + 0,20^2 + 1,05^2 + 0 =$$
$$= 0,86 + 0,49 + 0,04 + 1,10 = 2,49 \text{ мин.}^2$$

б). Минимальный возможный интервал τ_2 между поступлением угольного состава (Iy) на данный погрузочный пункт и входом в границы площадки транзитного состава (Tn), движущегося со стороны околоствольного двора, определяется как разность путей, сходящихся к событию 16:

$$\tau_2 = t_{8-9'} + t_{9'-9} + t_{9-10} + t_{10-16} - t_{15-16} =$$
$$= 3,90 + 1,67 + 5,55 + 0 - 5,54 = 5,58 \text{ мин.}$$

Дисперсия интервала

$$\sigma^2_{\tau_2} = \sigma^2_{t\,8-9'} + \sigma^2_{t\,9'-9'} + \sigma^2_{t\,9-10} + \sigma^2_{t\,10-16} + \sigma^2_{t\,15-16} =$$
$$= 0,65^2 + 0,28^2 + 0,70^2 + 0,93^2 =$$
$$= 0,42 + 0,78 + 0,49 + 0,86 = 2,55 \text{ мин.}^2$$

При определении интервала τ_2 исходили из наибольшей разности продолжительностей путей сходящихся к событию I5 и событию I6. Разность продолжительности путей, сходящихся к событию I5, составляет

$$t_{8-9'} + t_{9'-15} = 3,9 + 0 = 3,9 \text{ мин.}$$

Разность продолжительностей путей, сходящихся к событию I6, составляет, как вычислили выше, 5,58 мин.; следовательно, эта

разность и определяет минимальный возможный интервал τ_2 для данной совокупности работ.

Аналогично определяются значения минимальных интервалов между поступлением в транзитный узел составов с различных направлений в порядке, оговоренном в пункте 2 данного примера. Обозначения интервалов $\tau_3 - \tau_9$ см. в § 7 главы II.

в) $\tau_3 = t_{8\text{-}9'} + t_{9'\text{-}9} + t_{9\text{-}10} + t_{10\text{-}11} + t_{11\text{-}12} + t_{12\text{-}13} - \tau_2 =$

$= 3{,}90 + 1{,}67 + 5{,}55 + 1{,}08 + 4{,}84 + 0 - 5{,}58 = 10{,}46$ мин.

$\sigma^2_{\tau 3} = \sigma^2_{t\,8\text{-}9'} + \sigma^2_{t\,9'\text{-}9} + \sigma^2_{t\,9\text{-}10} + \sigma^2_{t\,10\text{-}11} + \sigma^2_{t\,11\text{-}12} + \sigma^2_{\tau 2} =$

$= 0{,}65^2 + 0{,}28^2 + 0{,}70^2 + 0{,}20^2 + 1{,}05^2 + 2{,}55 = 4{,}68$ мин.^{2}

г) $\tau_4 = t_{19\text{-}20} + t_{20\text{-}21} + t_{21\text{-}22} + t_{22\text{-}23} = 5{,}54 + 3{,}0 + 1{,}93 + 0 = 10{,}47$ мин.

$\sigma^2_{\tau 4} = \sigma^2_{t\,19\text{-}20} + \sigma^2_{t\,20\text{-}21} + \sigma^2_{t\,21\text{-}22} + \sigma^2_{t\,22\text{-}23} = 0{,}93^2 + 0{,}39^2 + 0{,}32^2 + 0 = 1{,}11$ мин.^{2}

д) $\tau_5 = t_{23\text{-}24} + t_{24\text{-}25'} + t_{25\text{-}27} = 3{,}14 + 2{,}67 + 0 = 5{,}81$ мин.

$\sigma^2_{\tau 5} = \sigma^2_{t\,23\text{-}24} + \sigma^2_{t\,24\text{-}25'} + \sigma^2_{t\,25\text{-}27} = 0{,}46^2 + 0{,}38^2 = 0{,}35$ мин.^{2}

е) $\tau_6 = t_{27\text{-}28} + t_{28\text{-}29} + t_{29\text{-}30} + t_{30\text{-}31} =$

$= 3{,}14 + 7{,}0 + 8{,}67 + 0 = 12{,}81$ мин.

$\sigma^2_{\tau 6} = \sigma^2_{t\,27\text{-}28} + \sigma^2_{t\,28\text{-}29} + \sigma^2_{t\,29\text{-}30} =$

$= 0{,}46^2 + 1{,}12^2 + 0{,}38^2 = 1{,}60$ мин.^{2}

ж) $\tau_7 = t_{31\text{-}32} + t_{32\text{-}33} + t_{33\text{-}34} + t_{34\text{-}35'} + t_{35'\text{-}39} - t_{38\text{-}39} =$

$= 5{,}54 + 5{,}55 + 1{,}08 + 1{,}80 + 0 - 3{,}14 = 10{,}83$ мин.

$\sigma^2_{\tau 7} = \sigma^2_{t\,31\text{-}32} + \sigma^2_{t\,32\text{-}33} + \sigma^2_{t\,33\text{-}34} + \sigma^2_{t\,34\text{-}35'} + \sigma^2_{t\,38\text{-}39} =$

$= 0{,}93^2 + 0{,}70^2 + 0{,}20^2 + 0{,}38^2 + 0{,}1\,?^2 = 1{,}74$ мин.^{2}

з) $\tau_8 = t_{38-39} + t_{39-40} + t_{40-41} + t_{41-42} =$

$= 3{,}14 + 7{,}0 + 2{,}67 + 0 = 12{,}81$ мин.

$\sigma^2_{\tau 8} = \sigma^2_{t\,38-39} + \sigma^2_{t\,39-40} + \sigma^2_{t\,40-41} =$

$= 0{,}46^2 + 1{,}12^2 + 0{,}38^2 = 1{,}60$ мин.^{2}

и) $\tau_9 = t_{42-43'} + t_{43'-46} = 3{,}90 + 0 = 3{,}90$ мин.

$\sigma^2_{\tau 9} = \sigma^2_{t\,42-43'} = 0{,}65$ мин.^{2}

5. Определяем отношение количества специализированных породных (илисматериалами) составов, поступающих с приемно-отправительной площадки вспомогательного грузового бремсберга данного узла, к количеству угольных составов этого узла согласно § 7, формула (I2)

$$\alpha_1 = \frac{A'}{A} = \frac{5}{13} = 0{,}38.$$

Данные берутся из табл.5.

6. Определяем отношение количества специализированных составов с породой, материалами и оборудованием, проходящих транзитом через проектируемый транспортный узел, к количеству транзитных угольных составов согласно § 7, формула (I3)

$$\alpha_2 = \frac{B'}{B} = \frac{6}{14} = 0{,}43.$$

7. Определяем отношение количества угольных составов, уходящих в течение суток с данного погрузочного пункта, к количеству транзитных угольных составов согласно § 7, формула (I4)

$$\gamma = \frac{A}{B} = \frac{13}{14} = 0{,}93.$$

8. Определяем отношение количества угольных составов данного погрузочного пункта к количеству всех транзитных составов (угольных, рудных, с материалами и др.), движущихся через данный транспортный узел в сторону околоствольного двора, согласно § 7, формула (15)

$$\gamma_T = \frac{A}{B+B'} = \frac{13}{14+5+1} = \frac{13}{20} \approx 0{,}65$$

$$\gamma_T = 0{,}65.$$

Данные берутся из табл.5.

9. Определяем среднюю величину минимальных интервалов между выходом из границ приемной площадки составов с углем и ее дисперсию без учета влияния работы вспомогательного бремсберга по формуле (16) и (17)

$$\tau_y = \frac{\frac{3\gamma-1}{3\gamma+1}\tau_1 + \frac{3-\gamma}{\gamma+1}\tau_5 + \frac{\tau_2 + \tau_3(1+\alpha_2) + \tau_4 + \tau_6 + \tau_7 + \tau_8 + \tau_9}{2}}{4} =$$

$$= \frac{\frac{3\cdot 0{,}93-1}{0{,}93+1}17{,}01 + \frac{3-0{,}93}{0{,}93+1}5{,}81 + \frac{5{,}58+10{,}46(1+0{,}43)+10{,}47+12{,}81+10{,}83+12{,}81+3{,}9}{2}}{4} =$$

$$= 14{,}98 \text{ мин.}$$

$$\sigma^2_{\tau y} = \frac{\left(\frac{3\gamma-1}{\gamma+1}\right)^2 \sigma^2_{\tau 1} + \left(\frac{3-\gamma}{\gamma+1}\right)^2 \sigma^2_{\tau 5}}{16} +$$

$$+ \frac{\sigma^2_{\tau 2} + (1+\alpha_2)^2 \sigma^2_{\tau 3} + \sigma^2_{\tau 4} + \sigma^2_{\tau 6} + \sigma^2_{\tau 7} + \sigma^2_{\tau 8} + \sigma^2_{\tau 9}}{64} =$$

$$= \frac{\left(\frac{3\cdot 0{,}93-1}{0{,}93+1}\right)^2 \cdot 2{,}49 + \left(\frac{3-0{,}93}{0{,}93+1}\right)^2 \cdot 0{,}35}{16} +$$

$$+ \frac{2{,}55+4{,}68(1+0{,}43)^2+1{,}11+1{,}60+1{,}74+1{,}60+0{,}65}{64} =$$

$$= 0{,}40 \text{ мин}^2$$

$$T_y = 14{,}98 \text{ мин}; \quad \sigma^2_{T\cdot y} = 0{,}40 \text{ мин}^2$$

IO. Строим сетевой график маневрирования специализированного порожнего (с материалами или с оборудованием) состава в границах транспортного узла в комплексе с угольными составами, поступающими на данный погрузочный пункт (рис.5).

Принятые обозначения "событий" и "работ" в соответствии со схемой маневров в пределах приемной площадки заносим в табл.8.

Данный сетевой график необходим для определения влияния работы вспомогательного бремсберга на величину такта работы площадки по угольным составам.

Принцип построения этого графика и расчет временных параметров сети остаются прежними (как для сетевого графика маневрирования угольных составов).

Для всех работ, входящих в табл.8, определяется количество и последовательность отдельных маневровых операций, составляющих собственно эти работы, продолжительность каждой операции, среднеквадратическое отклонение продолжительности маневровой операции. Затем путем суммирования продолжительности операций, составляющих работу, находим среднюю величину продолжительности каждой работы. Эти вычисления выполняются аналогично тому, как это было сделано для графика маневрирования угольных составов (см.пункт 3 данного примера). Результаты расчета заносятся в таблицу по форме табл.4 и на сетевой график над соответствующей работой (рис.5)

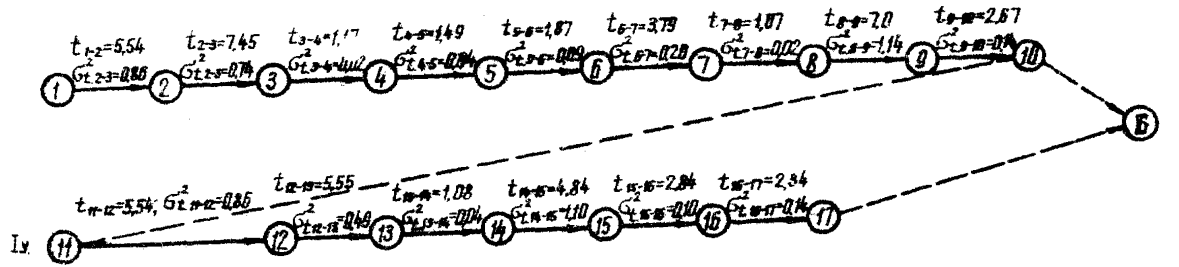

Рис.5. Сетевой график маневрирования специализированного породного (материального) состава в границах приемной площадки в комплексе с уголь ми составами, поступающими на погрузочный пункт конвейерного ходка

Таблица 8

Обозначение событий и работ графика рис.5

Наименование события	№ события	Наименование работ	№ работы
Смешанный состав - *С*			
Прибытие состава к стр.I	I		
Прибытие состава к стр.3	2	Маневры на участке I	I-2
Подача состава на ветвь приемно-отправительной площадки (конец заталкивания - точка Д)	3	Маневры на участках II, УШ, IX	2-3
Прицепка к груженому составу	4	Маневры на участках X, IX, УШ	3-4
Прибытие груженого состава к стр.4	5	Маневры на участке X, УШ	4-5
Прибытие груженого состава к стр.5	6	Маневры на участке II	5-6
Прицепка электровоза к голове состава (готовность к движению в сторону околоствольного двора)	7	Маневры на участке УI-II	6-7
Прибытие электровоза в голове состава к стр.3	8	Маневры на участке II	7-8
Прибытие электровоза к стр.I	9	Маневры на участке I	8-9
Уход состава за точку В - границу узла	I0	Маневры на участке У	9-I0
Угольный состав транспортного узла - *Iу*			
Прибытие к стр.I	II		
Прибытие к стр.3	I2	Маневры на участке I	II-I2
Состав подан под загрузку	I3	Маневры на участке II-III	I2-I3
Прибытие электровоза к стр.3	I4	Маневры на участке III	I3-I4
Прибытие электровоза на участке У за стр.I	I5	Маневры на участке	I4-I5

Продолжение табл.8

Прицепка к груженому составу и прибытие к стр.1	I6	Маневры на участке IУ	I5-I6
Прибытие состава с участка У за точку В	I7	Маневры на участке У	I6-I7

Из графика (рис.5) определяем среднюю величину времени задержки одного угольного состава специализированным породным или материальным составом, прибывающим на приемно-отправительную площадку вспомогательного грузового бремсберга (см.гл.II, § 7, пункт 9)

$$t_з^I = \frac{\tau_c^I + t_з^y}{N_к + 1},$$

где τ_c^I - минимальный интервал между входами в границы приемной площадки специализированного породного и угольного состава, поступающего на данный погрузочный пункт;

$$\tau_c^I = \sum_{i=(1-2)}^{i=(9-10)} t_i = 5{,}54 + 7{,}45 + 1{,}17 + 1{,}49 + 1{,}87 + 3{,}79 + 1{,}07 + 7{,}0 + 2{,}67 = 32{,}07 \text{ мин.}$$

$t_з^y$ - соответственно задержка в движении угольных составов, поступающих на погрузочный пункт, обусловленная движением с приемно-отправительной площадки бремсберга породного состава;

$N_к$ - количество угольных составов, совершающих обмен на данном погрузочном пункте за промежуток времени от момента входа до момента выхода специализированного состава из границ транспортного узла. Из графика видно, что $N_к = 0$,

следовательно,

$$t_з^I = \frac{\tau_c^I + t_з^y}{N_к + 1} = \frac{32{,}07 + 0}{0 + 1} = 32{,}07 \text{ мин.}$$

Дисперсия продолжительности соответствующей задержки согласно формулы (22)

$$\sigma^2_{t'з} = \frac{\sum_{i=(1-2)}^{i=(9-10)} \sigma^2_{t\cdot i}}{1} = 0{,}93^2 + 0{,}86^2 + 0{,}14^2 + 0{,}20^2 + 0{,}30^2 +$$

$$+ 0{,}45^2 + 0{,}14^2 + 1{,}07^2 + 0{,}37^2 = 3{,}25 \text{ мин.}^2$$

II. Строим сетевой график маневрирования специализированного породного состава в границах транспортного узла в комплексе с транзитными составами, движущимися в сторону околостовольного двора (рис.6).

Принятые обозначения "событий" и "работ" в соответствии со схемой маневров в пределах приемной площадки заносим в табл.9. Определяем временные характеристики работ, результаты расчета записываем над соответствующей работой на сетевом графика.

Из графика (рис.6) определяем среднюю величину времени задержки одного транзитного гружного состава от движения специализированного породного состава приемно-отправительной площадки вспомогательного бремсберга. Определение ведем в соответствии с указаниями гл.П, § 7, п.9:

$$t_з^{гг} = \frac{\tau_c^г + t_з^г}{N_t + 1},$$

где $\tau_c^г$ - минимальный интервал между входом в границы транспортного узла специализированного породного состава и груженого транзитного состава;

$$\tau_c^г = t_{1-2} + t_{2-3} + t_{3'-11} = 5{,}54 + 2{,}5 + 0 = 8{,}04 \text{ мин},$$

где $t_з^г$ - задержка в движении груженых транзитных составов, обусловленная движением с приемно-отправительной площадки вспомогательного бремсберга породного состава.

Эта задержка $t_з^г$ определяется из графика как разность между соответствующим минимальным интервалом без учета влияния работы вспомогательного бремсберга и действительным интервалом, следующим за выходом специализированного состава с площадки вспомогательного бремсберга.

Для этого проделываем следующие вычисления:

$$t_{1-9'} = t_{1-2} + t_{2-3'} + t_{3'-3} + \cdots + t_{8-9'} =$$

$$= 5{,}54 + 2{,}50 + 4{,}95 + 1{,}17 + 1{,}43 + 1{,}87 + 3{,}79 + 1{,}07 + 2{,}66 = 25{,}04 \text{ мин},$$

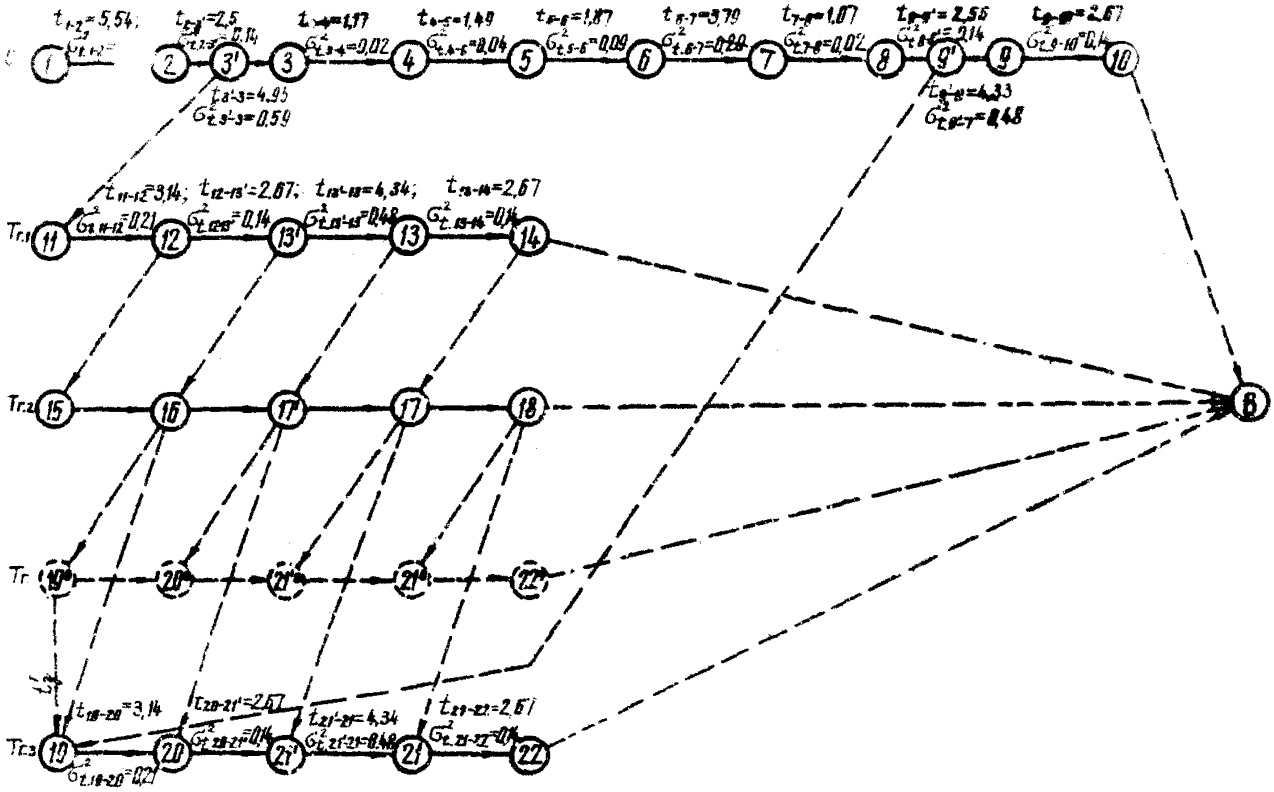

Рис.6. Сетевой график маневрирования специализированного породного (материального) состава в границах приемной площадки в комплексе с транзитными груженными составами, движущимися в сторону околоствольного двора

Таблица 9

Обозначение событий и работ графика рис.6

Наименование события	№ события	Наименование работ	№ работы
Смешанный состав - С			
Прибытие состава к стр.I	I		
Прибытие к стр.3	2	Маневры на участке I	I-2
Прибытие состава к стрелке 5	3'	Маневры на участке II	2-3'
Подача состава на ветвь приемно-отправительной площадки (конец заталкивания - точка Д)	3	Маневры электровоза на участках II, УШ, IX	3'-3
Прицепка к груженому составу	4	Маневры на участке X, IX, УШ	3-4
Прибытие груженого состава к стр.4	5	Маневры на участках X, УШ	4-5
Прибытие груженого состава к стр.5	6	Маневры на участке 2	5-6
Прицепка электровоза к голове состава (готовность к движению в сторону околоствольного двора)	7	Маневры по участкам УI-II	6-7
Прибытие электровоза в голове состава к стр.3	8	Маневры на участке II	7-8
Уход хвоста состава со стрелки 3	9'	Маневры на участке I	8-9'
Прибытие электровоза к стр.I	9	Маневры на участке I	9'-9
Уход состава за точку В - границу узла I	IO	Маневры на участке У	9-IO

Продолжение табл.9

Груженый транзитный состав № I (Тг.1)

Прибытие состава к стр.5	II		
Прибытие состава к стр.3	I2	Маневры на участке УI	II-I2
Убытие хвоста состава со стрелки 3	I3′	Маневры на участке I	I2-I3′
Прибытие состава к стр.I	I3	Маневры на участке I	I3-I3
Убытие состава с участка У за точку В - границу узла I	I4	Маневры на участке У	I3-I4

Груженые транзитные составы № 2, № 3 (Тг.2, Тг.3)

Аналогично составу № I	
события соответственно	I5, I6, I7′,
	I7, I8 и
	I9, 20, 2I′,
	2I, 22

где N_i – количество движущихся в сторону околоствольного двора транзитных груженых составов, которые проходят через транспортный узел за промежуток времени от момента входа до момента выхода специализированного породного состава из границ транспортного узла;

N_i определяются из сетевого графика (рис.6).

$$N_i^p = \frac{t_{1\text{-}9'} + t_{9'\text{-}19} - \tau_c^r}{\tau_s} = \frac{25{,}04 + 0 - 8{,}04}{5{,}81} = 2{,}9$$

Принимается целое количество составов $N_i = 2$, т.е. округление результата всегда в меньшую сторону.

τ_s – минимальный интервал между входом в границы транспортного узла транзитных груженых составов, движущихся в сторону околоствольного двора, мин.

τ_s берется из пункта 4д данного примера.

$$t_з^r = (N_i^p - N_i) \cdot \tau_s = (2{,}9 - 2{,}0) \cdot 5{,}81 = 5{,}40 \text{ мин.}$$

$$t_з^{тр} = \frac{\tau_c^r + t_з^r}{N_i + 1} = \frac{8{,}04 + 5{,}40}{2 + 1} = 4{,}48 \text{ мин.}$$

Дисперсии продолжительности соответствующих задержек определяются по формуле (23)

$$\sigma^2_{\tau_c^r} = \sigma^2_{t_{1\text{-}2}} + \sigma^2_{t_{2\text{-}9'}} = 0{,}93^2 + 0{,}38^2 = 1{,}0 \text{ мин.}^2$$

$$\sigma^2_{t_з^r} = (N_i^p - N_i)^2 \sigma^2_{\tau_s} = (2{,}9 - 2)^2 0{,}35 = 0{,}30 \text{ мин.}^2$$

$$\sigma^2_{t_з^{тр}} = \frac{\sigma^2_{\tau_c^r} + \sigma^2_{t_з^r}}{(N_i + 1)^2} = \frac{1{,}0 + 0{,}30}{(2 + 1)^2} = 0{,}14 \text{ мин.}^2$$

I2. Строим сетевой график маневрирования специализированного породного состава в границах транспортного узла в комплексе с транзитными составами, движущимися со стороны околоствольного двора (рис.7).

Принятые обозначения "событий" и "работ" сетевого графика приведены в табл.IO.

Расчетные операции по определению временных характеристик работ те же, что и в пунктах 3, IO и II данного примера. Результаты расчетов приведены на графике над каждой работой.

Из графика (рис.7) определяем среднюю величину времени задержки одного транзитного порожнякового состава от движения специализированного породного состава приемно-отправительной площади вспомогательного бремсберга. Определение ведем в соответствии с указаниями гл.П, § 7, п.9.

$$t_з^{тп} = \frac{\tau_c^n + t_з^n}{N_j + 1},$$

где τ_c^n - минимальный интервал между входами в границы транспортного узла специализированного состава и порожнякового транзитного состава;

$\tau_c^n = t_{1\text{-}2'} + t_{2'\text{-}4'} = 3{,}90 + 0 = 3{,}90$ мин.

$t_{1\text{-}9'}$ = 25,04 мин. (аналогично предыдущему расчету графика - рис.6).

N_j - количество транзитных порожняковых составов, которые проходят через площадку за промежуток времени от момента входа до момента выхода специализированного породного состава из границ транспортного узла;

$$N_j^p = \frac{t_{1\text{-}9'} + t_{9'\text{-}15} - \tau_c^n}{\tau_з} = \frac{25{,}04 + 0 - 3{,}90}{10{,}46} = 2{,}02$$

или

N_j = 2 состава,

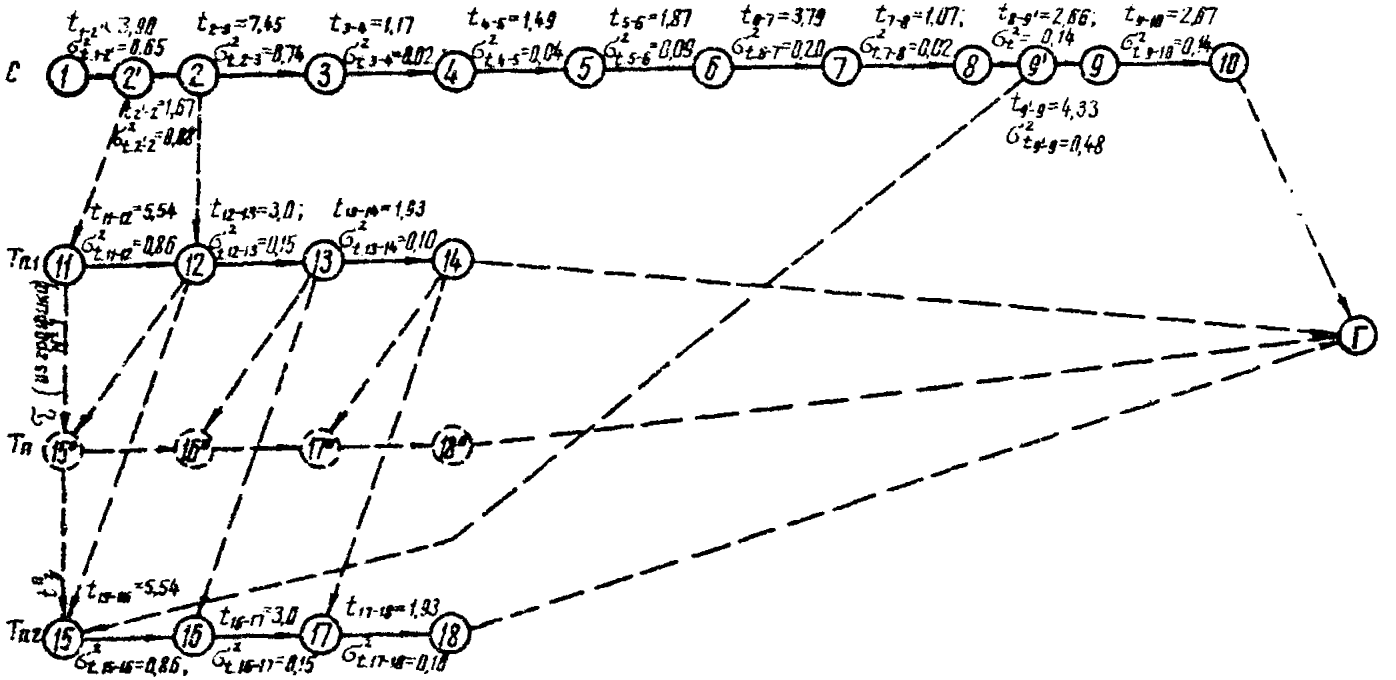

Рис.7. Сетевой график маневрирования специали[illegible]рованного породного (материального) состава в границах транспортного узла в комплексе с транзитными порожня[illegible]ыми составами

Таблица IO

Обозначение событий и работ графика рис.7

Наименование события	№ события	Наименование работ	№ работы
Смешанный состав - *IC*			
Прибытие к стр.I	I		
Убытие хвоста состава от стрелки I на длину состава	2'	Маневры на участке I	I-2'
Прибытие состава к стр.3	2	Маневры на участке I	2'-2
Подача состава на ветвь приемно-отправительной площадки (конец заталкивания состава - точка Д)	3	Маневры на участке П, УШ, IX	2-3
Прицепка к груженому составу	4	Маневры на участке IX, УШ, X	3-4
Прибытие груженого состава к стр.4	5	Маневры на участках X, УШ	4-5
Прибытие груженого состава к стр.5	6	Маневры на участке П	5-6
Прицепка электровоза к голове состава (готовность к движению в сторону околоствольного двора)	7	Маневры на участке УI, П	6-7
Прибытие электровоза в голове состава к стр.3	8	Маневры на участке П	7-8
Уход хвоста состава со стрелки 3	9'	Маневры на участке I	8-9'
Уход хвоста состава со стр.3	9	Маневры на участке I	9'-9
Прибытие электровоза к стр.I	9	Маневры на участке I	9-9
Уход состава за точку В - границу узла I	IO	Маневры на участке У	9-IO

Продолжение табл.IO

Порожняковый транзитный состав № I

Прибытие состава к стр.I	II		
Прибытие состава к стр.3	I2	Маневры на участке	II-I2
Прибытие состава к стр.5	I3	Маневры на участке УI	I2-I3
Прибытие состава с участка УI за точку Г	I4	Маневры на участке УП	I3-I4

Порожняковый транзитный состав № 2

Аналогично составу № I	
события соответственно	I5, I6, I7, I8

$\tau_з$ – минимальный интервал между входом в границы транспортного узла транзитных порожняковых составов, движущихся со стороны околоствольного двора, мин.

$\tau_з$ берется из пункта 4в) данного примера.

Задержка в движении транзитных порожняковых составов

$$t_з^п = (N_j^р - N_j) \cdot \tau_з = (2{,}02-2) \cdot 10{,}46 = 0{,}21 \text{мин.}$$

следовательно,

$$t_з^{тп} = \frac{\tau_с^п + t_з^п}{N_j + 1} = \frac{3{,}9 + 0{,}21}{2+1} = 1{,}37 \text{мин.}$$

Дисперсии продолжительности соответствующих задержек определяются по формуле (24)

$$\sigma^2_{t_з^{тп}} = \frac{\sigma^2_{\tau_с^п} + \sigma^2_{t_з^п}}{(N_j+1)^2} = \frac{0{,}65 + 0{,}002}{(2+1)^2} = 0{,}07 \text{мин}^2$$

где $\sigma^2_{\tau_с^п} = 0{,}65 \text{мин}^2$ (см. график рис.7).

$$\sigma^2_{t_з^п} = (N_j^р - N_j)^2 \cdot \sigma^2_{\tau_з} = 0{,}02^2 \cdot 4{,}68 = 0{,}002 \text{мин}^2$$

$$\sigma^2_{t_з^{тп}} = \frac{\sigma^2_{\tau_с^п} + \sigma^2_{t_з^п}}{(N_j+1)^2} = \frac{0{,}65 + 0{,}002}{(2+1)^2} = 0{,}07 \text{мин}^2$$

13. Определяем среднее время задержки одним специализированным порожним составом одного транзитного состава по формуле (21)

$$t_з^т = \frac{t_з^{тг} + t_з^{тп}}{2} = \frac{4{,}48 + 1{,}37}{2} = 2{,}92 \text{ мин.}$$

и дисперсию продолжительности задержки по формуле (25)

$$\sigma^2_{t^{тр}_з} = \frac{\sigma^2_{t^{тр}_з} + \sigma^2_{t^{тр}_з}}{4} = \frac{0,14 - 0,07}{4} = 0,05 \text{ мин.}^2$$

I4. Определяем среднюю величину и дисперсию времени увеличивающую такт работы транспортного узла по угольным груженым составам по формулам (26) и (27)

$$\tau_{уз} = \frac{\alpha_1 \gamma_т (\gamma_т \tau^I_з + \tau^т_з)}{(\gamma_т + 1)^2} =$$

$$= \frac{0,38 \cdot 0,65 (0,65 \cdot 32,07 + 2,92)}{(0,65+1)^2} = 2,15 \text{ мин},$$

$$\sigma^2_{\tau уз} = \frac{\alpha_1^2 \gamma_т^2 (\gamma_т^2 \cdot \sigma^2_{\tau^I_з} + \sigma^2_{\tau^т_з})}{(\gamma_т + 1)^4} =$$

$$= \frac{0,38^2 \cdot 0,65^2 (0,65^2 \cdot 3,25 + 0,05)}{(0,65+1)^4} = 0,01 \text{ мин.}^2$$

I5. Определяем средний такт работы транспортного узла (приемной площадки по угольным составам по формуле (28)

$$\tau_{ср.} = \tau_у + \tau_{у \cdot з} = 14,98 + 2,15 = 17,13 \text{ мин.}$$

Дисперсия такта

$$\sigma^2_\tau = \sigma^2_{\tau у} + \sigma^2_{\tau у \cdot з} = 0,40 + 0,01 = 0,41 \text{ мин.}^2$$

Среднеквадратическое отклонение

$$\sigma_\tau = \sqrt{\sigma^2_\tau} = \sqrt{0,41} = 0,64 \text{ мин.}$$

Колебание такта (см. формулу (30))

$$\tau = \tau_{ср} \pm 2\sigma = 17{,}13 \pm 3 \cdot 0{,}64,$$

т.е., колебание такта работы приемной площадки находится в пределах 15,21÷19,05 мин.

16. Определяем пропускную способность транспортного узла в соответствии с гл.II, § 8.

В связи с колебаниями такта работы площадки величина пропускной способности изменяется

$$\text{от } P_{сут.\,min} = \frac{60 \cdot T}{\tau_{max} \cdot K} = \frac{60 \cdot 18}{(17{,}13 + 3 \cdot 0{,}64) \cdot 1{,}5} = 38 \text{ сост.}$$

$$\text{до } P_{сут.\,max} = \frac{60 \cdot T}{\tau_{min} \cdot K} = \frac{60 \cdot 18}{(17{,}13 + 3 \cdot 0{,}64) \cdot 1{,}5} = 47 \text{ сост.}$$

Таким образом, исследуемый транспортный узел (вариант проектной схемы приемной площадки) обеспечивает пропуск планируемого суточного объема грузоперевозок.

Расчетный коэффициент резерва пропускной способности при этом равен

$$K_р = \frac{60 \cdot T}{\tau_{max}(A+B)} = \frac{60 \cdot 18}{(17{,}13 + 3 \cdot 0{,}64)(13+14)} = 2{,}1,$$

что больше нормативного, $K = 1{,}5$ [4].

Схема может быть принята как рациональная для данных условий.

Пример 2

Произведем расчет пропускной способности околоствольного двора шахты им.А.Ф.Засядько, схема которого представлена на рис.8.

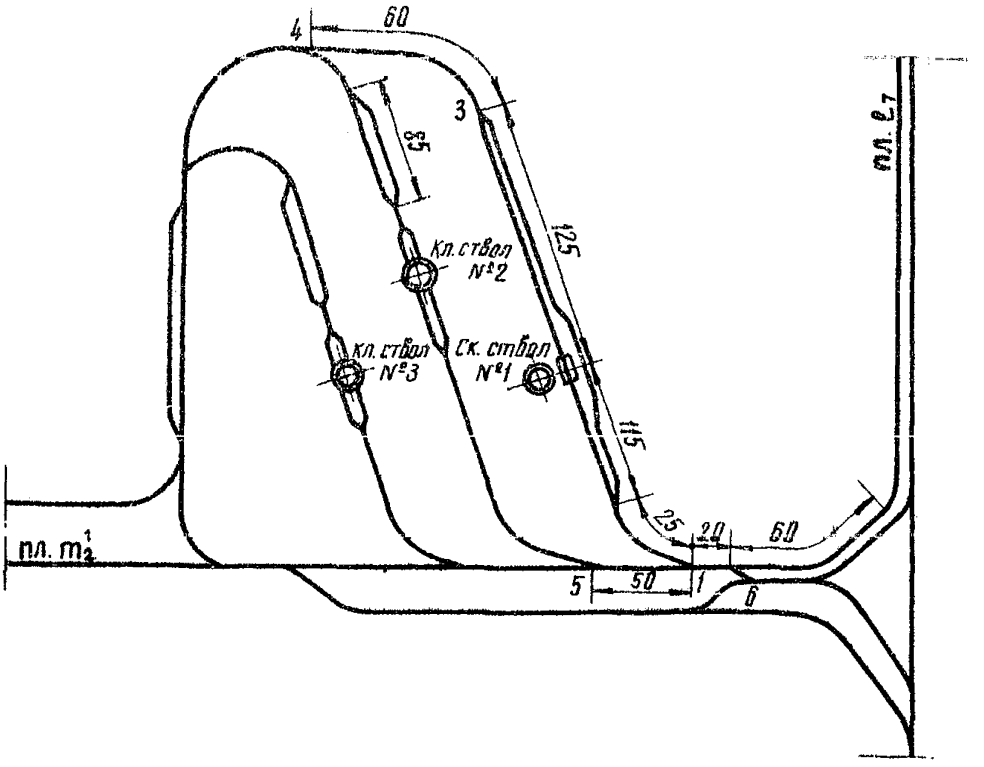

Рис.8. Схема рельсовых путей околоствольного двора шахты им. А.Ф.Засядько

Исходные данные

Количество составов с углем, прибывающих в течение суток со стороны большого грузопотока (с пласта m_2), $A = 44$.

Количество составов, прибывающих в течение суток со стороны меньшего грузопотока (с пласта l_7), $B = 8$.

Отношение количества смешанных составов к общему количеству составов прибывающих в околоствольный двор, $\gamma_{см} = 0{,}47$.

I. Схема маневров

Маневры производятся в следующем порядке.

Груженные углем составы, прибывающие с участков пласта m_2 проходят по главному квершлагу на участок I-7 и заталкиваются затем на грузовую ветвь скипового ствола № I. Отцепившись от состава, электровоз резервом проходит по обгонной ветви этого ствола на порожняковую сторону и, прицепившись к составу, направляется на участки через стрелочные переводы 3, 4 и далее по порожняковой ветви околоствольного двора.

Составы с углем, прибывающие с пласта l_7, останавливаются на участке I-7.

Электровоз отцепляется, через стрелочные переводы 6 и 7 проходит в хвост состава, а затем заталкивает его на грузовую ветвь скипового ствола. Проехав резервом по обгонной ветви, электровоз прицепляется к порожняковому составу и уходит с ним по порожняковой ветви околоствольного двора и параллельному квершлагу к погрузочным пунктам пласта l_7.

Смешанные составы, поступающие с пл. m_2, останавливаются за стрелочным переводом 5, через который производится заталкивание вагонеток с породой на грузовую ветвь клетевого ствола № 2. Вагонетки с углем вывозятся затем на участок I-7, и в дальнейшем электровоз выполняет те же маневровые операции, что и при обслуживании чисто угольных составов.

При прибытии смешанных составов с пл. l_7 электровоз сначала подает вагонетки с углем на грузовую ветвь скипового ствола, а затем через стрелочные переводы I и 5 заталкивает ваго-

нетки с породой на грузовую ветвь клетевого ствола. Проехав резервом по обгонному пути, расположенному в выработках, обслуживающих скиповой ствол, электровоз забирает порожняковый состав и следует с ни( ): погрузочным пунктам.

2. Исходя из расположения откаточных путей, околоствольный двор разбиваем на участки между стрелочными переводами 7 и I, I и 2, 2 и 3 (обгонный путь), 3 и 4, 5 и I.

В пределах каждого участка возможна работа только одного электровоза.

3. Строим сетевой график в соответствии с принятой организацией маневров электровозов в околоствольном дворе и возможной очередностью их поступления.

В околоствольный двор следующие друг за другом составы могут прибывать

I) оба с участков пласта m_2 ;
2) с участков пласта m_2 и пласта l_7 ;
3) оба с участков пласта l_7 ;
4) с участков пласта l_7 и пласта m_2.

График строим для пяти электровозных составов, поступающих з различных направлений (рис.9).

Принятые обозначения "событий" и "работ" приведены в табл.II.

4. Определяем временные параметры сети

Для каждой работы, входящей в таблицу II, определяем среднюю продолжительность маневровых операций, составляющих работы, и их среднеквадратическое отклонение. Затем путем суммирования продолжительности последовательных операций каждой работы находим среднюю продолжительность каждой работы. Принцип расчета временных параметров сети изложен в гл.П, § 3 и в гл.Ш, п.3 (пример № I).

Параметры, характеризующие продолжительность всех работ по маневрированию в околоствольном дворе, приведены на сетевом графике над каждой работой (см. рис.9).

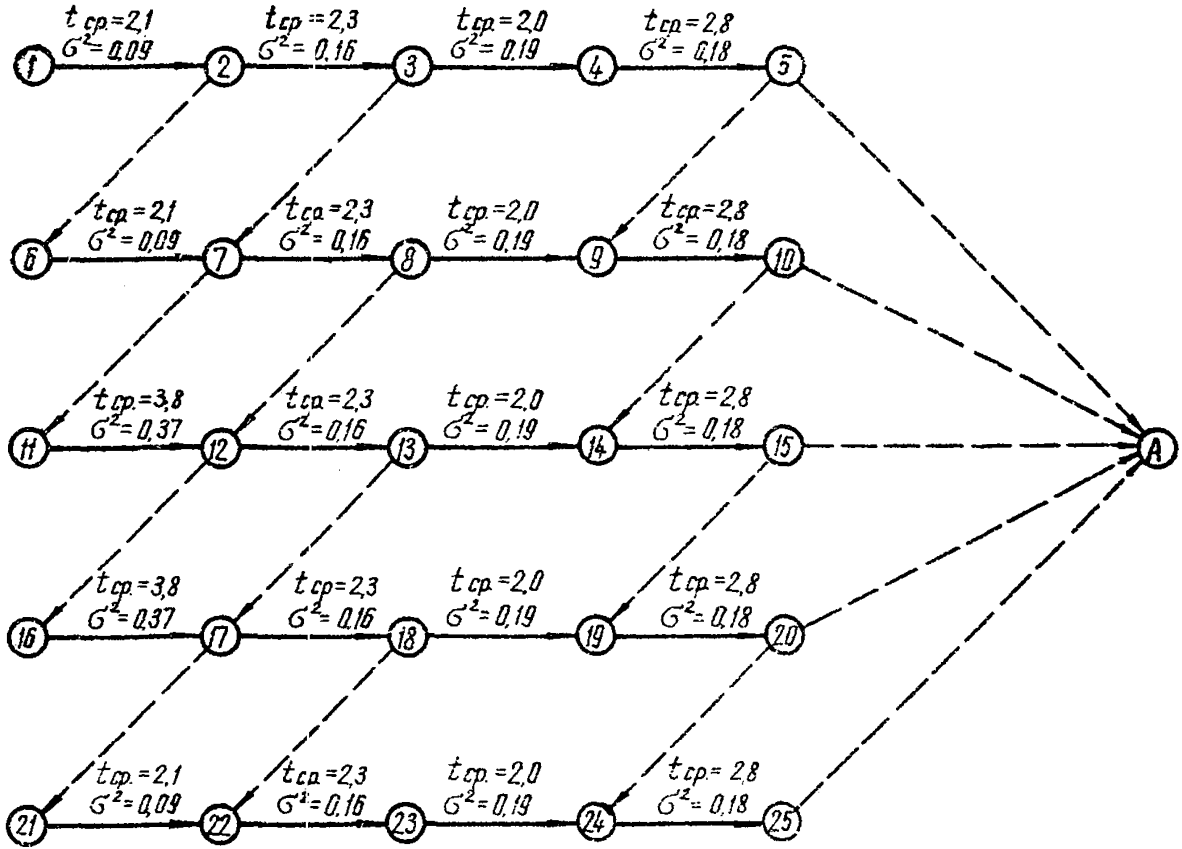

Рис.9. Сетевой график работы электровозов с околоствольном дворе шахты им. А.Ф.Засядько.

Таблица II

Обозначение событий и работ графика рис.9

Наименование событий	№ событий	Наименование работ	№ работы
I электровоз			
Прибытие на участок 7-I	I	Маневры на участке 7-I	I-2
I-2	2	2I-2	2-3
2-3	3	2-3	3-4
3-4	4	3-4	4-5
Уход с участка 3-4	5		
2 электровоз			
Прибытие на участок 7-I	6	Маневры на участке 7-I	6-7
I-2	7	I-2	7-8
2-3	8	2-3	8-9
3-4	9	3-4	9-I0
Уход с участка 3-4	I0		
3 электровоз			
Прибытие на участок 7-I	II	Маневры на участке 7-I	II-I2
I-2	I2	I-2	I2-I3
2-3	I3	2-3	I3-I4
3-4	I4	3-4	I4-I5
Уход с участка 3-4	I5	3-4	I4-I5
4 электровоз			
Прибытие на участок 7-I	I6	Маневры на участке 7-I	I6-I7
I-2	I7	I-2	I7-I8
2-3	I8	2-3	I8-I9
3-4	I9	3-4	I9-20
Уход с участка 3-4	20		

Продолжение табл.II

5 электровоз

Прибытие на участок	7-I	2I	Маневры на участке	7-I	2I-22
	I-2	22		I-2	22-23
	2-3	23		2-3	23-24
	3-4	24		3-4	24-25
Уход с участка	3-4	25			

5. Определяем интервалы между возможными поступлениями составов

Порядок определения этих интервалов изложен в § 5 главы II настоящей методики.

Интервалы между поступлениями составов определяются следующим образом.

К событию 6, означающему момент входа на участок 7-I второго состава, следующего с пласта m_2, подходит единственный путь, состоящий из работы I-2 и "фиктивной" работы 2-6

Интервал между поступлением составов, прибывающих с пласта m_2 на участке 7-I равен длительности работы I-2.

$$\tau_1' = t_{1-2} = 2{,}1 \text{ мин.}$$

Дисперсия интервала

$$\sigma_1'^2 = 0{,}09 \text{ мин}^2.$$

К событию 7, означающему момент входа второго состава, следующего с пласта m_2 на участок I-2, подходит два пути. Первый путь состоит из работ I-2, 2-3 и "фиктивной" работы 3-7. Второй путь включает одну работу 6-7.

Интервал между поступлением составов, прибывающих с пласта m_2 на участок I-2 равен разности продолжительности путей, сходящихся к событию 7.

$$\tau_1'' = t_{1-2} + t_{2-3} + t_{3-7} - t_{6-7} = 2{,}1 + 2{,}3 + 0{,}0 - 2{,}1 = 2{,}3 \text{ мин.}$$

Дисперсия интервала

$$\sigma_1''^2 = \sigma_{1-2}^2 + \sigma_{2-3}^2 + \sigma_{3-7}^2 + \sigma_{6-7}^2 = 0{,}09 + 0{,}16 + 0{,}0 + 0{,}09 = 0{,}34 \text{ мин}^2$$

Интервал между поступлением этих же составов на участок 3-4 определяется как разность путей, сходящихся к событию 9, которое означает момент входа второго состава на этот участок.

$$\tau_1''' = t_{1-2} + t_{2-3} + t_{3-4} + t_{4-5} + t_{5-9} - t_{6-7} - t_{7-8} - t_{8-9} =$$

$$= 2{,}1 + 2{,}3 + 2{,}0 + 2{,}8 + 0{,}0 - 2{,}1 - 2{,}3 - 2{,}0 = 2{,}8 \text{ мин.}$$

Дисперсия интервала

$$\sigma_1^2 = \sigma_{1-2}^2 + \sigma_{2-3}^2 + \sigma_{3-4}^2 + \sigma_{4-5}^2 + \sigma_{5-9}^2 + \sigma_{6-7}^2 + \sigma_{7-8}^2 + \sigma_{8-9}^2 =$$

$$= 0{,}09 + 0{,}16 + 0{,}19 + 0{,}18 + 0{,}0 + 0{,}09 + 0{,}16 + 0{,}19 = 1{,}06 \text{ мин.}$$

Наибольший интервал между поступлениями составов на различные участки околоствольного двора, как видно из расчетов, составляет 2,8 мин.

Этот промежуток времени и принимается в качестве минимального интервала между прибытием двух следующих друг за другом составов с пласта m_2, так как в случае прибытия второго состава через меньший промежуток времени он все равно вынужден будет простаивать в околоствольном дворе, ожидая освобождения участка 3-4.

$$\tau_{y1} = 2{,}8 \text{ мин.}, \qquad \sigma_{\tau 1}^2 = 1{,}06 \text{ мин}^2.$$

Промежуток времени между поступлением составов, прибывающих с пласта m_2 и пласта l_7, на участки 7-I, I-2, 3-4 околоствольного двора определяются соответственно как разности путей сходящихся к событию II, I2, I4.

Минимальный интервал между поступлением этих составов определится промежутком времени между их прибытиями на участок 7-I и составляет, как показывают расчеты, 2,I мин.

$$\tau_{y2} = 2{,}1 \text{ мин.}, \qquad \sigma_{\tau 2}^2 = 0{,}09 \text{ мин}^2.$$

Аналогично определяются минимальные интервалы между поступлением в околоствольный двор двух составов, следующих с пласта l_7, и составов, прибывающих с пласта l_7 и пласта m_2.

Согласно расчетам, минимальные интервалы между поступлениями в околоствольный двор составов с углем и дисперсии этих интервалов составляют

для двух составов с пласта m_2

$\tau_{у\cdot1}$ = 2,8 мин. $\quad \sigma^2_{\tau\cdot1}$ = 1,06 мин^2.

для составов с пласта m_2 и пласта l_7

$\tau_{у\cdot2}$ = 2,1 мин. $\quad \sigma^2_{\tau\cdot2}$ = 0,09 мин^2.

для двух составов с пласта l_7

$\tau_{у\cdot3}$ = 3,8 мин. $\quad \sigma^2_{\tau\cdot3}$ = 0,37 мин^2.

для составов с пласта l_7 и пласта m_{2-}

$\tau_{у\cdot4}$ = 4,5 мин. $\quad \sigma^2_{\tau\cdot4}$ = 1,34 мин^2.

6. Определяем такт работы околоствольного двора без учета смешанных составов (см. главу II, § 6).

Согласно формуле (7)

$$\tau_у = \frac{\frac{3\gamma-1}{\gamma+1}\tau_{у\cdot1} + \tau_{у\cdot2} + \frac{3-\gamma}{\gamma+1}\tau_{у\cdot3} + \tau_{у\cdot4}}{4} =$$

$$= \frac{\left(\frac{3\cdot5{,}5-1}{5{,}5+1}\right)\cdot2{,}8 + 2{,}1 + \left(\frac{3-5{,}5}{5{,}5+1}\right)\cdot3{,}8 + 4{,}5}{4} = 3{,}0 \text{ мин},$$

где

$$\gamma = \frac{A}{B} = \frac{44}{8} = 5{,}5.$$

Согласно формуле (8)

$$\sigma^2_{\tau у} = \frac{\left(\frac{3\gamma-1}{\gamma+1}\right)^2\cdot\sigma^2_{\tau\cdot1} + \sigma^2_{\tau\cdot2} + \left(\frac{3-\gamma}{\gamma+1}\right)^2\cdot\sigma^2_{\tau\cdot3} + \sigma^2_{\tau\cdot4}}{16} =$$

$$= \frac{\left(\frac{3\cdot5{,}5-1}{5{,}5+1}\right)^2 1{,}06 + 0{,}09 + \left(\frac{3-5{,}5}{5{,}5+1}\right)^2\cdot0{,}37 + 1{,}34}{16} = 0{,}25 \text{ мин}^2$$

7. Определяем такт работы околоствольного двора при поступлении только смешанных составов.

Для этого определяются временные параметры сети при поступлении только смешанных составов. Принцип расчета временных параметров остается прежним, как и для сети с угольными составами.

Промежуточные расчеты не приводим.

$$\tau_{см} = 8{,}04 \text{ мин.}, \qquad \sigma^2_{\tau\cdot см} = 0{,}31 \text{ мин}^2.$$

8. Определяем общий такт работы околоствольного двора.

Согласно формуле (9) средний такт работы околоствольного двора равен

$$\tau_{ср} = \tau_у + \gamma_{см}(\tau_{см} - \tau_у) = 3{,}0 + 0{,}47(8{,}04 - 3{,}0) = 5{,}37 \text{ мин.}$$

Дисперсия такта по формуле (10) равна

$$\sigma^2_\tau = \sigma^2_{\tau\cdot у} + \gamma^2_{см}(\sigma^2_{\tau\cdot см} + \sigma^2_{\tau\cdot у}) =$$

$$= 0{,}25 + 0{,}47^2(0{,}31 + 0{,}25) = 0{,}35 \text{ мин}^2.$$

Среднеквадратическое отклонение такта работы двора

$$\sigma_\tau = \sqrt{\sigma^2_\tau} = \sqrt{0{,}35} = 0{,}59 \text{ мин.}$$

Колебание такта

$$\tau = \tau_{ср} \pm 3\sigma_\tau = 5{,}37 \pm 3 \cdot 0{,}59 \text{ мин.}$$

9. Определяем пропускную способность околоствольного двора.

Средняя часовая пропускная способность околоствольного двора

$$M_\tau = \frac{60}{\tau_{ср}} = \frac{60}{5{,}37} = 11{,}1 \text{ состава.}$$

В связи с колебаниями такта величина пропускной способности изменяется от

$$m_{\tau} = \frac{60}{3,6} = 16,6 \text{ составов}$$

до $$m_{\tau} = \frac{60}{7,14} = 8,4 \text{ составов}$$

Суточная пропускная способность околоствольного двора по откатке (по схеме рельсовых путей) согласно формуле (32) равна

$$P_{сут.} = \frac{60 \cdot T}{(\tau_{ср} \pm 3\sigma)},$$

или

$$P_{сут.min} = \frac{60 \cdot 18}{(5,37 + 3 \cdot 0,59) 1,5} = 100,8 \text{ составов/сутки},$$

$$P_{сут.max} = \frac{60 \cdot 18}{(5,37 - 3 \cdot 0,59) 1,5} = 199,2 \text{ составов/сутки}.$$

При расчетах в данном примере принят нормативный коэффициент резерва $K = 1,5$.

Л И Т Е Р А Т У Р А

I. Пономаренко В.А. Резервы пропускной способности подземного транспорта. М., Госгортехиздат, 1962.

2. Пономаренко В.А., Белоусов К.Ю. Методика расчета пропускной способности сложных транспортных узлов. Реф. сб. "Технология добычи угля подземным способом", 1968, № 7.

3. Кузнецов Б.А., Рейгевич А.А., Шорин В.Г., Биличенко Н.Я., Пономаренко В.А., Бахурин К.И., Варшавский А.М., Кравчинский С.Ю. Транспорт на горных предприятиях. М., "Недра", 1969.

4. Нормы технологического проектирования угольных шахт, разрезов и обогатительных фабрик. Изд. Центрогипрошахт, 1965.

О Г Л А В Л Е Н И Е

стр.

Введение 3

ГЛАВА I. ОСНОВЫ ПОСТРОЕНИЯ СЕТЕВЫХ МОДЕЛЕЙ РАБОТЫ ЛОКОМОТИВОВ В ТРАНСПОРТНЫХ УЗЛАХ . . . 4

§ I. Основные правила построения сетевых моделей 4

§ 2. Временные характеристики (параметры) сети 5

ГЛАВА II. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО РАСЧЕТУ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ ТРАНСПОРТНЫХ УЗЛОВ С ПОМОЩЬЮ СЕТЕВЫХ ГРАФИКОВ 9

§ I. Исходные данные для расчета . . . 9

§ 2. Объем сетевых графиков I0

§ 3. Подготовка к построению сетевых графиков I2

§ 4. Построение сетевых графиков . . . I5

§ 5. Определение значения минимальных интервалов между поступлениями в транспортный узел составов с различных направлений I5

§ 6. Определени такта работы околостволь-ного двора I7

§ 7. Определение такта работы приемной площадки (погрузочного пункта), расположенной на главной магистрали I9

§ 8. Определение пропускной способности транспортного узла 25

ГЛАВА III. ПРИМЕРЫ РАСЧЕТА ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ СЛОЖНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ УЗЛОВ 25

Пример I 25

Пример 2 54

Литература 64

Ответственный за выпуск
Осипенко И.П.

Редактор Довгалева М.А.

Подписано к печати 3.XII.1970г.
Формат 60x90 1/16. Объем 4 печ.л.
Тираж 200 экз. Заказ 5.
Институт ДонУГИ. Донецк, Артема, 114

gost.e-ecolog.ru