И. И. ВАСИЛЬЕВ,
ИНЖЕНЕР ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ.

ЗАВИСИМОСТЬ КОММЕРЧЕСКОЙ СКОРОСТИ
ДВИЖЕНИЯ ПОЕЗДОВ
ОТ
ТЕХНИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ И РАБОТЫ
ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ УЧАСТКОВ.

Многоуважаемому
Анатолию Ивановичу
сердечно
на память от автора
Иван[illegible]

ПЕТРОГРАД.
Типо-литография Петроградского Округа Путей Сообщения,
Фонтанка, 117.
1918.

И. И. ВАСИЛЬЕВ.
ИНЖЕНЕР ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ.

ЗАВИСИМОСТЬ КОММЕРЧЕСКОЙ СКОРОСТИ ДВИЖЕНИЯ ПОЕЗДОВ

ОТ

ТЕХНИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ И РАБОТЫ

ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ УЧАСТКОВ.

ПЕТРОГРАД.
Типо-литография Петроградского Округа Путей Сообщения,
Фонтанка, 117.
1918.

ОГЛАВЛЕНИЕ.

I. История вопроса. Логические предпосылки для выяснения зависимости коммерческой скорости от условий работы участка.

Коммерческая скорость следования железнодорожных поездов является одним из важнейших элементов работы железных дорог, как в сфере организации срочности перевозки грузов, так и организации их выгодности.

В первом случае, входя как множитель в одно из основных слагаемых, определяющих общую скорость следования груза от момента его приема от отправителя до момента выгрузки на складах станции прибытия, она увеличивает эту последнюю при своем увеличении. Во втором случае, входя в знаменатели нескольких слагаемых формулы себестоимости пудо-версты, она уменьшает, при своем увеличении, величину эксплоатационных расходов, падающих на эту единицу работы дороги.

В частности, входя знаменателем в слагаемое, определяющее количество потребного для перевозок подвижного состава, коммерческая скорость в значительной мере влияет на расчетные цифры подвижного состава.

С этой точки зрения вопрос о коммерческой скорости и ее нормальных для данных условий движения значениях, которые надо принять для расчета потребности в подвижном составе, был затронут и нами в статье „Оборот вагона, как показатель утилизации подвижного состава" *). Предложив там общую формулу оборота

$$\theta_i = \frac{1}{12}\left(\frac{1}{V_k} + \frac{k}{L} + \frac{k'}{\lambda}\right)\frac{n' l'}{\Sigma n} + \frac{\tau_1 n_1 + \tau_2 n_2}{\Sigma n},$$

где

V_k — коммерческая скорость поездов,
k — средний простой вагонов на распорядительных станциях,
L — среднее расстояние между этими станциями,
k' — средний простой вагонов на сортировочных станциях,
λ — среднее расстояние между этими станциями,
l' — среднее расстояние пробега груженого вагона в грузовом направлении,

*) Журнал Министерства Путей Сообщения, кн. IX и X за 1915 г.

n' — число вагонов, отправляемых в этом направлении в сутки,
Σ_n — общая работа дороги числом вагонов в сутки,
τ_1 — среднее время простоя вагона под операциями нагрузки,
τ_2 — тоже под выгрузкой,
n_1 — число вагонов, грузящихся в течение суток,
n_2 — число груженых вагонов, принимаемых в течение суток от соседних дорог,

мы указали, что при пользовании этой формулой должны быть взяты *нормальные* значения элементов работы дороги: V_k, k, k' и τ.

Мы отметили затем, что в труде инж. Щегловитова „Теория графика движения поездов" достаточно подробно разработан вопрос определения нормальной (максимальной) коммерческой скорости, возможной для данного участка в зависимости от ходовой скорости и других элементов графика; но предложенные им формулы не имеютъ практического интереса для лиц, работающих в области эксплоатации железных дорог, так как выведены при условии: во-первых, полного заполнения графика и, во-вторых, при задержках поездов на станциях, вызываемых лишь производством сношений по приему и отправлению поездов и производством скрещений и обгонов, соблюдение каковых условий полностью если и возможно, то в совершенно исключительных случаях. Между тем, на практике всегда имеются на лицо как различная степень заполнения пропускной способности, так и задержки поѣздов на промежуточных станциях, вызванные коммерческой работой с вагонами.

Гораздо ближе к практической стороне дела подошел проф. Ломоносов в главе о наивыгоднейшем составе своих „Проблем". Он указал, что V_k падает по мере насыщения графика и предложил даже зависимость V_k от числа поездов n по закону прямой линии

$$V_k = a - b'n.$$

Но, однако, и здесь вопрос не был затронут в полном объеме, так как о влиянии на коммерческую скорость работы с вагонами не сказано ни слова, да и сам вопрос был поставлен лишь попутно, в целях решения другого вопроса — о наивыгоднейшем составе.

Здесь интересно отметить, что, подметив совершенно правильно зависимость коммерческой скорости от густоты движения на отдельных участках жел. дороги, т. е. при переменной величине грузооборота, но при постоянном составе поезда, и дав хотя и упрощенное выражение этой зависимости по закону прямой:

$$V_k = a - b'n = a - \frac{b'T}{Q} = a - bT,$$

где T — число пудов груза и тары,
Q — вес поезда,

проф. Ломоносов делает логическую ошибку, применяя эту зависимость к заданному количеству груза и тары, т. е. постоянному T и к переменному составу Q, т. к., преобразуя уравнение прямой так:

$$V_k = a - b'n = a - \frac{b'T}{Q} = a - \frac{b}{Q},$$

а затем подставляя эту зависимость в формулу себестоимости пудо-версты

$$E_k = \left(1 + \frac{a}{\lambda}\right)\left(a + \frac{y}{Q} + \frac{h}{QV_k}\right) + \frac{N}{\lambda},$$

он получает окончательно

$$E_k = A + \frac{B}{Q} + \frac{C}{aQ - b},$$

почему и приходит к заключению, „что при наличии зависимости $V_k = a - \frac{b}{Q}$ коммерчески наивыгоднейший состав есть наибольший возможный".

Между тем, совершенно бесспорным и ясным является только им же самим высказанное положение, что, при увеличении состава, V_k хотя и должно падать, следуя за падением ходовой скорости, но это падение может *компенсироваться* уменьшениемъ задержек по станциям, вследствие уменьшения заполнения графика, а, следовательно, даже и для получения max V_k приходится отыскивать наивыгоднейший вес поезда Q; тем менее проста задача определения наивыгоднейшего состава Q для получения

$$\min\ E_k = \left(1 + \frac{a}{\lambda}\right)\left(a + \frac{y}{Q} + \frac{h}{QV_k}\right) + \frac{N}{\lambda}.$$

В практических условиях эксплоатации коммерческая скорость поездов уже при найденном наивыгоднейшем составе и определившейся в зависимости от состава ходовой скорости зависит, бесспорно, не только от степени заполнения графика и работы с вагонами, но и от качества работы агентов.

Учесть теоретическим путем влияние последнего на изменение скорости не представляется, конечно, возможным; но тем более насущной для практика эксплоатации является потребность выяснения зависимости коммерческой скорости от всей совокупности остальных, так сказать, материальных элементов работы, главнейшими из коих, конечно, являются степень заполнения графика и количество вагонов, перерабатываемых поездами по промежуточным станциям; а тогда явилась бы возможность путем сравнения фактических значений скорости с ее расчетными нормальными значениями определить и степень качества работы.

Попробуем поэтому подойти к выяснению характера зависимости скорости от степени заполнения и количества переработанных вагонов сначала путем логических рассуждений, при чем сперва будем иметь в виду однопутное движение.

Предположим сперва, что работы с вагонами нет, но на лицо изменяющаяся насыщенность графика, т. е. перенесем вопрос в плоскость, в которой он рассматривался проф. Ломоносовым.

Назовем через β_γ отношение коммерческой скорости V_k к скорости следования поезда в том случае, если бы не было даже и задержек обгонами и скрещениями, т. е. к скорости V_0, имевшей бы место при коэффициенте γ заполнения графика, приближающемся к нулю.

Тогда

$$\beta_\gamma = \frac{V_k}{V_0} = f(\gamma)$$

где

$$\gamma = \frac{n}{n_{\max}}.$$

Допуская теоретически $\gamma = 0$, что практически, как увидим далее, быть не может, имеем, по нашему определению, что β_γ будет равно единице, т. к. тогда $V_k = V_0$; следовательно, кривая $\beta_\gamma = f(\gamma)$ при абсциссе, равной нулю, имеет ординату, равную единице, — и это положение является первым этапом к выяснению характера интересующей нас кривой.

При возрастании γ, т. е. при повышении степени заполнения графика, наступает условие $\gamma = 1$, т. е. полная насыщенность графика; а так как мы условились рассматривать сперва изменение скорости в предположении отсутствия работы с вагонами, то условие $\gamma = 1$ переносит вопрос в плоскость рассмотрения его инж. Щегловитовым, который утверждает, что в этом случае *)

$$\beta = \frac{V_k}{V_0} = \frac{2L\,(n_{\max} - 2n')}{V_0\left[24\,(m-2) + n_{\max}\,(t_1 + 2\alpha) - \dfrac{96\,n'}{n_{\max}}\right]}$$

где L — длина участка,

$n_{\max.}$ — пропускная способность в парах товарных поездов параллельного графика,

n' — число пар поездов срочнаго обращения,

m — число перегонов,

t_1 — сумма времени хода пары товарных поездов по обоим крайним перегонам участка,

α — минимальный промежуток времени между прибытием одного поезда и отправлением на перегон встречного поезда.

Как усматривается из этой формулы, коэффициент β для данного участка, при $\gamma = 1$ или $n = n_{\max.}$ имеет вполне определенное значение; следовательно, при абсциссе $\gamma = 1$ ордината кривой $\beta_\gamma = f(\gamma)$ является также вполне определенной величиной.

*) Формула эта получается из формулы IIIa, приведенной на стр. 210 труда инж. Щегловитова, при замене $t_{\max.} + 2\alpha = \frac{24}{n_{\max}}$, но мы не согласны с основными положениями, на которых она построена.

Но инженер Щегловитов дает формулу для определения V_k и при условии перенасыщения графика, т. е. при $\gamma > 1$; в этом случае у него

$$\max V_k = \frac{2\,L\,(n_{max} - 2\,n')}{24\,(m - 2) + (t_1 + 2\,\alpha)\,n_{max} - \dfrac{96\,n'}{n_{max}} + 48\,(n_f - n_{max})}$$

где n_f — фактическое число пар поездов, а, следовательно, $n_f - n_{max.}$ есть перенасыщение графика *).

Так как $\dfrac{n_f}{n_{max.}} = \gamma$, то $n_f - n_{max.} = \gamma n_{max.} - n_{max.}$

а, следовательно, формула имеет вид

$$V_k = \frac{A}{B + C\gamma}$$

отсюда

$$\beta_0 = \frac{V_k}{V_0} = \frac{A}{V_0\,(B + C\gamma)} = \frac{A}{B' + C'\gamma} = \frac{a}{b + \gamma},$$

т. е. при $\gamma > 1$ кривая изменения β_0 есть гипербола, проходящая через ординату, соответствующую значению $\gamma = 1$ и обращенная выпуклостью к оси абсцисс.

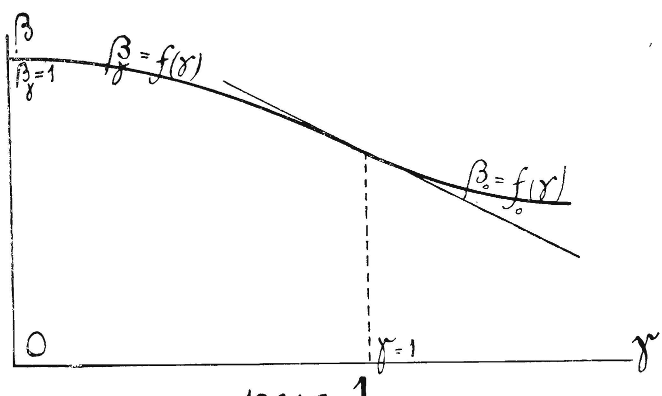


рис. 1.

Характер кривой $\beta_\gamma = f(\gamma)$ при значениях $\gamma < 1$ нам неизвестен; но так как, с одной стороны, значение $\beta_\gamma = 1$ имеет характер предела, с другой же стороны, эта кривая сопрягается с гиперболой изменения β_0 при перенасыщении графика, то можно предположить, что кривая $\beta_\gamma = f(\gamma)$ должна быть кривой, обращенной выпуклостью кверху, и имеющей в точке $x = 1$, $y = \dfrac{a}{b + 1}$ общую касательную с кривой $\beta_0 = \dfrac{a}{b + \gamma}$, а в точке $x = 0$, $y = 1$ касательную, параллельную оси x.

Таким образом, задача определения нормальной коммерческой скорости в зависимости от степени насыщения графика сводится к выяснению точнаго вида кривой $\beta_\gamma = f(\gamma)$ в пределах изменения γ от 0 до 1.

---

*) Эта формула также исправлена нами (см. ниже).

Кривая эта при наших предположениях исходит из нулевой точки, так как при $\gamma = 0$ имеем $\beta = 1$ и

$$\Sigma_\gamma t = \frac{L}{V_0} \frac{1-\beta_\gamma}{\beta_\gamma} = 0.$$

С другой стороны мы имеем:

$$\beta_N = \frac{1}{1+aN} = \psi\ (N),$$

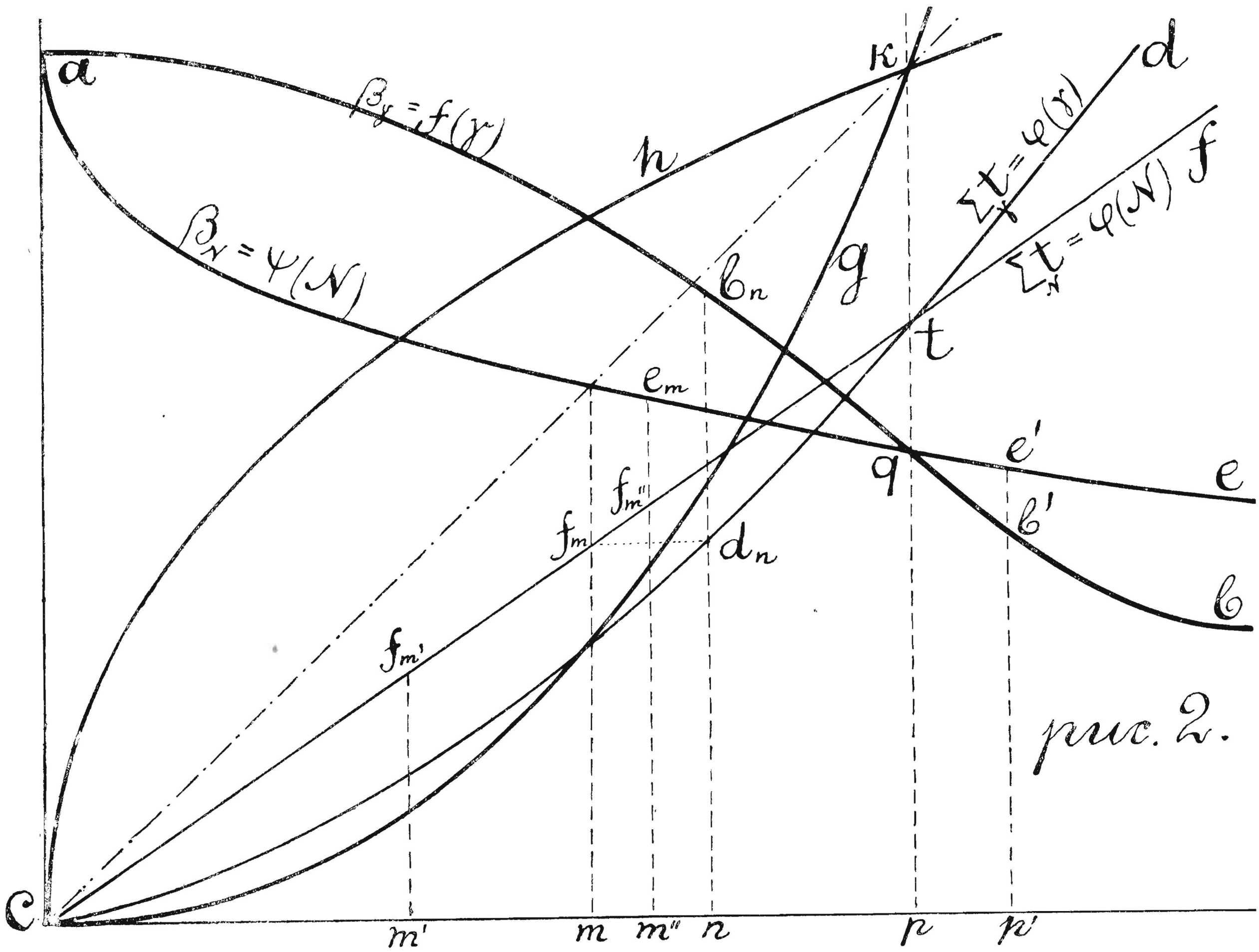


рис. 2.

т. е. кривую зависимости коэффициента скорости от числа перерабатываемых вагонов, с условием, что эта зависимость существует лишь для значений

$$N > \frac{\Sigma_\gamma t}{k}.$$

Кривая $\beta_N = \psi\ (N)$ есть вполне определенная гипербола ae, пересекающая ось ординат в точке a, в начале кривой $\beta_\gamma = f\ (\gamma)$, так как при $N = 0$

$$\beta_N = \frac{1}{1+a\,.\,0} = 1.$$

А коль скоро известна кривая $\beta_N = \psi\ (N)$, то будет вполне определена и кривая

$$\Sigma_N t = \frac{L}{V_0}\,\frac{1-\beta_N}{\beta_N} = \frac{L}{V_0}\,\frac{1-\psi\ (N)}{\psi\ (N)} = \frac{L}{V_0}\,\frac{1-\frac{1}{1+aN}}{\frac{1}{1+aN}} = \frac{L}{V_0}\,aN = \frac{L}{V_0}\,\frac{V_0}{L}\,kN =$$

$$= kN = \psi\ (N),$$

которая будет прямой cf, исходящей из нулевой точки.

Для точки t пересечения двух кривых cd и cf

$$\Sigma_\gamma t = \varphi\ (\gamma) \text{ и } \Sigma_N t = \psi\ (N)$$

коммерческая скорость V_k одинакова, будет ли она функцией γ, т. е. $\beta_\gamma = f\ (\gamma)$ и $\Sigma_\gamma t = \varphi\ (\gamma)$, или функцией N, т. е. $\beta_N = \psi\ (N)$ и $\Sigma_N t = \psi\ (N)$. Так как Σt связана одной и той же зависимостью с β—будет ли то $\beta_\gamma = f\ (\gamma)$ или $\beta_N = \psi\ (N)$, то условие равенства ординат $\Sigma_\gamma t = \varphi\ (\gamma)$ и $\Sigma_N t = \psi\ (N)$ приводит к условию равенства ординат и кривых $\beta_\gamma = f\ (\gamma)$ и $\beta_N = \psi\ (N)$, т. е. что пересечение этих кривых (точка q) должно иметь место на той же ординате, на которой находится и точка t.

Если $\Sigma_\gamma t = \varphi\ (\gamma)_t = \Sigma_N t = \psi\ (N)_t$, то, следовательно, $\varphi\ (\gamma)_t = kN_t$ или

$$N_t = \frac{\varphi\ (\gamma)_t}{k}$$

т. е. въ данном случае, при степени заполнения графика γ_t, выражающейся абсциссой cp, предельное число перерабатываемых вагонов N_m будет выражаться той же абсциссой cp, и при числе перерабатываемых вагонов, меньшем этого количества, коммерческая скорость будет определяться ординатой кривой ab, а при $N > N_m$ ординатой, определяющей V_k, будет уже ордината кривой $\beta_N = \psi\ (N)$ (кривая ae) для соответственного значения этой переменной. Например, для значения N, определяемого абсциссой cp', коммерческая скорость будет выражаться ординатой $p'e'$.

Наоборот, при данном числе перерабатываемых вагонов, выражающемся абсциссой cp, предельная степень заполнения графика γ_m будет определяться той же абсциссой cp, и при меньшем заполнении пропускной способности коммерческая скорость будет определяться той же ординатой pq, а при большем заполнении, например, при $\gamma = cp'$, коммерческая скорость будет уже зависеть от этой степени заполнения и ее ордината будет $p'b'$.

Во всяком другом случае разсуждаем таким образом: если степень заполнения графика есть $\gamma_n = cn$, то сумма времени задержек по станциям $\Sigma_\gamma t$ выражается ординатой nd_n, а предельное число перерабатываемых вагонов

N_m, соответствующее этому времени, будет выражаться абсциссой cm, т. к. $mf_m = nd_n$.

Если число фактически перерабатываемых вагонов N меньше N_m и выражается, например, абсциссой cm', то коммерческая скорость будет определяться ординатой nb_n, как соответствующей большему значению $\Sigma_\gamma = nd_n$, т. к. $nd_n > m'f_{m'}$.

Если построить кривую cgk значений N_m, т. е. на каждой ординате nb_n, соответствующей данному γ, отложить значение $N_m = cm$, то фактическое число перерабатываемых вагонов надо будет сравнивать только с ординатой этой новой кривой без всяких вспомогательных построений и, в зависимости от того, будет ли $N \gtrless N_m$, решать вопрос о характеризующей коммерческую скорость ординате кривой ab или ae.

Рассуждая подобным же образом, но исходя из определенного числа перерабатываемых вагонов, мы можем построить кривую chk предельных значений γ_m для обратного сравнения фактических значений γ с соответствующими значениями γ_m, при чем обе кривые cgk и chk имеют пересечение в точке k на ординате точек пересечения кривых ab и ae или ad и af, и притом $pk = cp$.

Проанализировав таким образом вопрос путем логических разсуждений и наметив себе программу детальной разработки вопроса определения точного вида кривых $\beta_\gamma = f(\gamma)$ и $\beta_N = \psi(N)$, установим теперь те теоретические положения, которые должны послужить нам отправными пунктами в этой работе.

II. Определение коэффициента коммерческой скорости максимального параллельного и максимального коммерческого графиковъ.

Так как значение коэффициента β_γ при полном заполнении графика, т. е. $\gamma = 1$, служит для нас одним из отправных пунктов выяснения вида кривой $\beta_\gamma = f\ (\gamma)$ при $\gamma < 1$, а с другой стороны, мы указали, что инженер Щегловитов, исследуя вопрос о коммерческой скорости при значенияхъ $\gamma > 1$, устанавливает при выводе своих формул положения, с которыми мы согласиться не можем, то постараемся вывести правильную формулу $\beta_0 = f\ (\gamma)$ при $\gamma > 1$.

Инженер Щегловитов прежде всего при выводе формулы коммерческой скорости при наличии поездов срочного обращения принимает, что каждая пара срочных поездов снимает две пары товарных. Между тем, даже при одной паре срочных поездов он делает оговорку, что „если время хода пары поездов на одном из перегонов резко отличается в сторону увеличения от времени хода пары поездов на остальных перегонах и если такой перегон расположен не у распорядительных станций“, то „в этом случае одна пара пассажирских поездов может снять с графика всего одну пару товарных“; затем, несомненно, что при увеличении числа пар срочных поездов коэффициент влияния на пропускную способность каждой пары этих поездов может быть меньше, чем при наличии всего одной пары; наконец, некратность суток времени хода товарного поезда по труднейшему перегону, оставляя свободный интервал в сетке товарных поездов, дает возможность проложить некоторое число срочных поездов, не трогая товарных. Поэтому принимать коэффициент влияния на пропускную способность одной пары срочных поездов (назовем его ε), равным постоянной и притом наибольшей величине $\varepsilon = 2$ не представляется правильным. Но, кроме того, и самое главное, что инженер Щегловитов, при рассмотрении влияния срочных поездов, оставляет неприкосновенной основную сетку параллельного графика, упуская из виду возможность передвижки на графике поездов, даже и на максимальном перегоне, при снятии с графика некоторого их количества. Между тем, эта передвижка дает возможность, с одной стороны, уменьшить число снимаемых поездов, а с другой—увеличить, как увидим ниже, коммерческую скорость.

Таким образом, даже с этой точки зрения формула дополнительных остановок товарных поездов от нанесения на график одного срочного поезда, предложенная инженером Щегловитовым на стр. 205 (форм. 107_f) и служащая въ дальнейшем для вывода формулы коммерческой скорости, для нашего исследования, где ее придется применить к нескольким участкам с различными конфигурациями графика срочных поездов и при числе их, большем одной пары,—является неприемлемой.

Но, кроме того, при выводе этой формулы, допущена и логическая ошибка. Действительно, формула

$$K^{доп}_{\min} = \{t^0 - 2\ (t^0_{\max} + 2\alpha)\}$$

получается путем преобразований из выражения

$$\sum^{доп}_{\min} K = \sum^{oc}_{\min} N\ (t^0_{\max} + 2\alpha) - K''',$$

где

$$\sum^{oc}_{\min} N\ (t^0_{\max} + 2\alpha)$$

есть сумма задержек *всех* товарных поездов, при обгонах и скрещениях с одним срочным поездом, а $K''' = t_x - t^0$, т. е. разница времени „хода *пары* поездов, считая остановки", и „времени хода *пары* поездов только по перегонам", есть время простоев на станціях *одной пары* поездов. Если же K''' умножить на число остающихся на графике товарных поездов, т. е. $(n-2)$, как принимает автор, то сокращения t_x въ формуле не получается и вывод ее весьма усложняется.

Вообще же говоря, теоретическая формула коммерческой скорости при наличии срочных поездов может быть выведена при определенных предположениях о неизменности основной сетки товарных поездов, с одной стороны, а с другой—при условии, что все перегоны настолько близки к идентичности, что каждое пересечение на каждом не-максимальном перегоне линией срочного поезда линии товарного вызывает, если не допускать задержки товарного поезда, снятие поезда с графика так же, как и на максимальном перегоне. Однако, разница здесь будет та, что в этом случае, во избежание потери пропускной способности, можно задержать каждый пересекаемый поезд на вполне определенное время $(t^0_{\max} + 2\alpha)$, не вызывая в то же время перенасыщения графика.

Если же перегоны не идентичны настолько, что при пересечениях линий хода товарных поездов срочными поездами можно произвести передвижку в пределах времени $(t^0_{\max} + 2\alpha)$ и, таким образом, вывести линию хода товарного поезда из-под пересечения (рис. 3), то ни дополнительной задержки, ни, тѣм более, снятия с графика не будет; в то же время не будет задержки и на максимальном перегоне, так как там перерезаемые поезда будут сняты с графика.

Наконец, если перегон, на котором происходит пересечение линий хода, настолько близок по времени хода к максимальному, что передвижки в пределах

времени $(t^0_{max} + 2\alpha)$ произвести нельзя, но в то же время допустима возможность перемещения линий хода товарных поездов одного направления на место линий хода другого направления, то можно избежать потери пропускной способности с задержкой одного поезда на время $(t^0_{max} + 2\alpha)$, а другого—на время $2\ (t^0_{max} + 2\alpha)$, в то же время не задерживая других поездов (рис. 3).

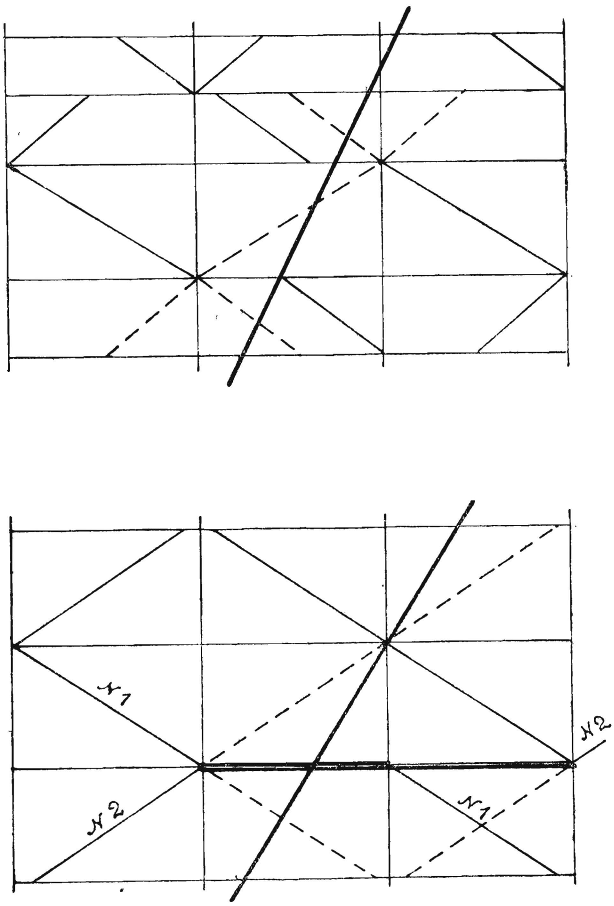


рис. 3.

Таким образом, здесь могут встретиться, в зависимости от степени идентичности перегонов, разные комбинации времени задержек, почему общую формулу вывести и не представится возможным.

Если же допустить условие невозможности перемещения линий хода товарных поездов, т. е. достаточно полную идентичность перегонов, почему каждое пересечение каждого товарного поезда срочным на каждом, кроме максимального, перегоне будет вызывать дополнительную задержку перерезаемого поезда на $(t^0_{max} + 2\alpha)$, то общее время дополнительных задержек будет вполне точно определено, если мы будем знать число таких пересечений, или, что то же, число обгонов и скрещений одного срочного поезда со всеми остающимися на графике товарными поездами.

Это число остающихся на графике после проложения *одного* срочного поезда товарных поездов будет $2n - \varepsilon$, где ε число товарных поездов, снимаемых с графика одним срочным поездом, или коэффициент влияния на пропускную способность срочных поездов.

Если этот коэффициент разбить на две его составляющие $\varepsilon = \varepsilon' + \varepsilon''$, где ε'—число товарных поездов, снимаемых с графика при обгонах, а ε''—при скрещенияхъ, то, следуя за рассуждениями инженера Щегловитова на стр. 178—189 его труда, мы получим основное число обгонов равным $(a - \varepsilon' + 1)$ и скрещений: $(b - \varepsilon'' - 1)$, т. е. сумму обгонов и скрещений:

$$\sum_{oc} N = a - \varepsilon' + 1 + b - \varepsilon'' - 1 = (a + b) - \varepsilon.$$

Эти же величины при различных комбинациях расположения срочного поезда на графике будут:

$$
\begin{array}{ll}
1)\ N_0 = a - \varepsilon' & N_c = b - \varepsilon'' - 1 \\
2)\ N_0 = a - \varepsilon' & N_c = b - \varepsilon'' \\
3)\ N_0 = a - \varepsilon' - 1 & N_c = b - \varepsilon'' \\
4)\ N_0 = a - \varepsilon' + 1 & N_c = b - \varepsilon'' - 1 \\
5)\ N_0 = a - \varepsilon' + 1 & N_c = b - \varepsilon'' \\
6)\ N_0 = a - \varepsilon' & N_c = b - \varepsilon'' \\
\hline
\text{среднее значение } N_0 = a - \varepsilon' + \frac{1}{6} & N_c = b - \varepsilon'' - \frac{2}{6},
\end{array}
$$

следовательно,

$$\sum_{oc} N = (a + b) - \varepsilon - \frac{1}{6}.$$

Таким образом, как среднее значение, можно принять для суммы обгонов и скрещений одного срочного поезда:

$$\sum_{oc} N = (a + b) - \varepsilon,$$

при чемъ:

$$a + b = \frac{Ln}{12 V^0_m} \text{ (формула 85-а, стр. 183).}$$

Тогда время дополнительных задержек *всехъ* товарных поездов, *укладывающихся на графике* при наложении *одного* срочного поезда, от обгонов и скрещений будет:

$$K'_1 = (a + b - \varepsilon)\ (t^0_{\max} + 2\alpha) \doteq \left(\frac{Ln}{12 V^0_m} - \varepsilon\right)\ (t^0_{\max} + 2\alpha) =$$

$$= \frac{2L}{V^0_m} - \varepsilon\ (t^0_m + 2\alpha),$$

так как

$$n\ (t^0_{\max} + 2\alpha) = 24.$$

Если на графике уложить еще один поезд срочного обращения, то: 1) он снимает с графика еще ε товарных поездов, 2) он вызовет дополнительные задержки всех укладывающихся на графике товарных поездов, число коих будет уже не $2n - \varepsilon$, а $2n - 2\varepsilon$.

При этом может быть два случая: 1) второй поезд не снимает с графика ни одного из поездов, которые имеют задержку от первого срочного поезда, а, следовательно, каждый из этих срочных поездов вызовет задержку всех $2n - 2\varepsilon$ поездов на время $K_1 = \frac{2L}{V^0_m} - \varepsilon\ (t^0_{\max} + 2\alpha)$; 2) второй поезд снимет как раз те поезда, которые имели задержку от первого поезда; в этом случае, однако, предыдущий перед снятым вторым срочным поездом товарный поезд будет иметь двойную задержку на время $2\ (t^0_{\max} + 2\alpha)$, а за ним такую же

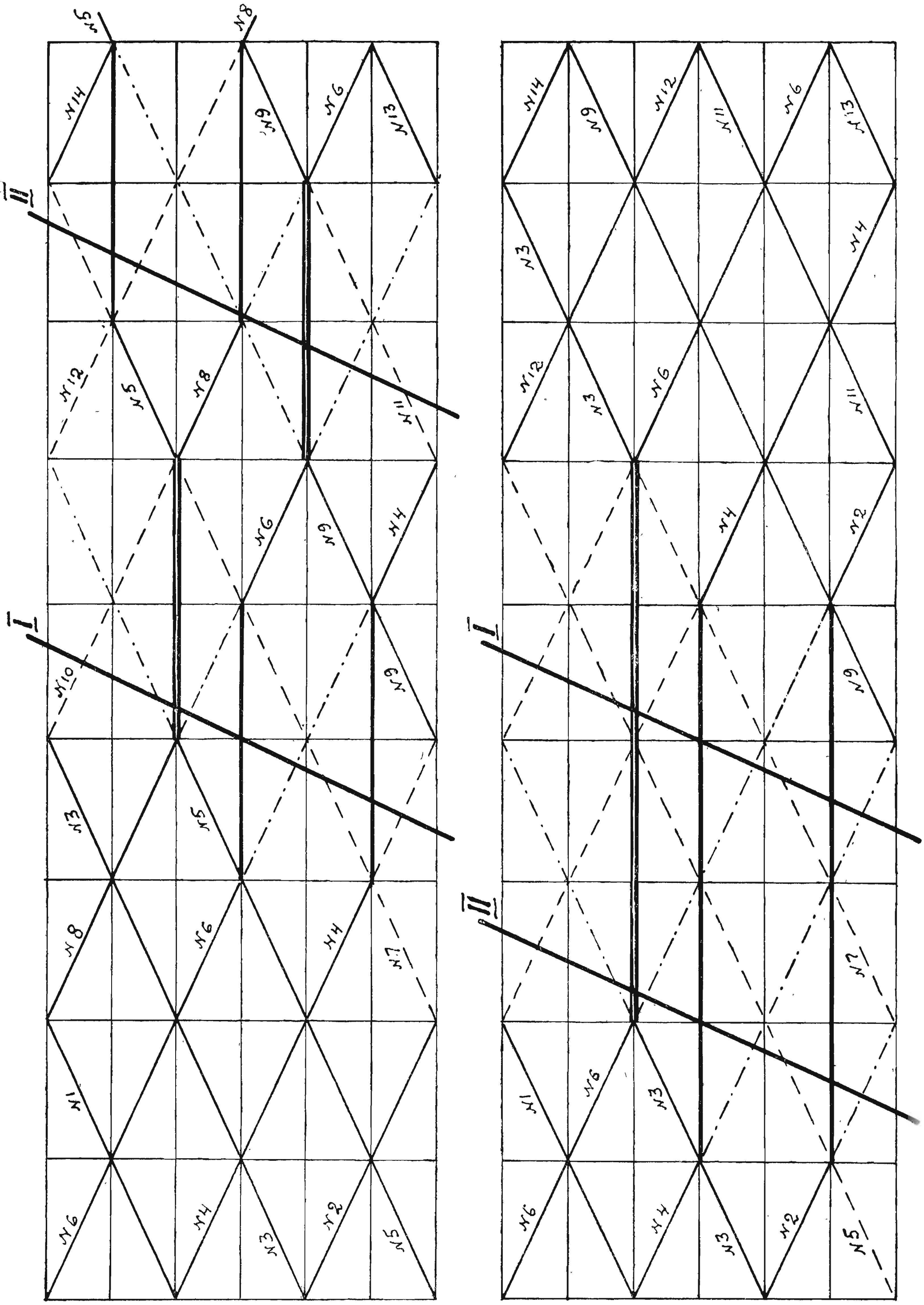


рис. 4.

двойную задержку будут иметь и другие поезда того же направления, почему общая сумма задержек поездов будет:

$$K'' = 2\ (t^0_{\max} + 2\alpha)\ (a + b - \varepsilon) = 2\left[\frac{2L}{V^0_m} - \varepsilon\ (t^0_m + 2\alpha)\right].$$

Итак, общая сумма задержек всех $2n - 2\varepsilon$ товарных поездов, укладывающихся на графике, при наличии двух поездов срочного обращения, будет равна в обоих случаях

$$K'' = 2\ \left[\frac{2L}{V^0_m} - \varepsilon\ (t^0_m + 2\alpha)\right].$$

В общем же случае, при n' парах срочных поездов, задержка всех $n - \varepsilon n'$ пар товарных поездов будет:

$$\sum K = 2n'\ \left[\frac{2L}{V^0_m} - \varepsilon\ (t^0_m + 2\alpha)\right] = \frac{4\,Ln'}{V^0_m} - 2\varepsilon n'\ (t^0_m + 2\alpha).$$

При перенасыщении графика сверх $n - \varepsilon n'$ пар товарных поездов, каждый лишний товарный поезд задерживает каждый из остальных товарных поездов того же направления перед трудным перегоном на время

$$t^0_m + 2\alpha = \frac{24}{n}.$$

Следовательно, при n'' парах излишних товарных поездов, сумма задержек всех $n - \varepsilon n'$ пар других поездов будет:

$$\sum K_0 = 2\ \frac{24}{n}\ n''\ (n - \varepsilon n') = \frac{48}{n}\ n''\ (n - \varepsilon n').$$

Беря общую формулу коммерческой скорости при полном заполнении параллельного графика

$$V_k = \frac{2Ln}{24\ (m - 2) + (t^0_1 + 2\alpha)\ n}$$

и 1) относя ее к $n - \varepsilon n'$ парам товарных поездов, укладывающихся на графике, из общего числа n пар поездов параллельного максимального графика, при наличии n' пар срочных поездов;

2) прибавляя к знаменателю время задержек $n - \varepsilon n'$ пар товарных поездов от:

а) наличия n' пар срочных поездов,

б) „ n'' „ дополнительных товарных поездов, т. е. величины $\sum K$ и $\sum K_0$, получим формулу коммерческой скорости товарных поездов в общем случае наличия на графике $n_m = (n - \varepsilon n') + n''$ пар товарных поездов и n' пар поездов срочного обращения:

$$V_k = \frac{2L\ (n - \varepsilon n')}{[24\ (m - 2) + (t^0_1 + 2\alpha)\ n]\ \dfrac{n - \varepsilon n'}{n} + \sum K + \sum K_0} =$$

$$= \frac{2L\ (n - \varepsilon n')}{\left[\dfrac{24}{n}\ (m - 2) + (t^0_1 + 2\alpha)\right]\ (n - \varepsilon n') + \dfrac{4Ln'}{V^0_m} - 2n'\varepsilon\ (t^0_m + 2\alpha) + \dfrac{48}{n}\ n''\ (n - \varepsilon n')}.$$

Но так как $V^0{}_m$ есть коммерческая скорость максимального параллельного графика при $n_{тов} = n$, то

$$V^0{}_m = \frac{2Ln}{24\ (m-2) + (t^0{}_1 + 2\alpha)\ n}$$

Здесь, однако, необходимо оговориться, что эта основная формула параллельного графика, предложенная проф. Щегловитовым, верна лишь при условии, что сумма времени прохода пары поездов по любой паре смежных перегонов участка не меньше, чем время прохода пары поездов по труднейшему перегону, т. е. $t^0{}_{max}$, так как только в этом случае справедливо заключение (стран. 10), что „сумма простоев всех поездов на всех промежуточных остановочных пунктах равна сумме промежутков времени между прибытием одних поездов и отправле-

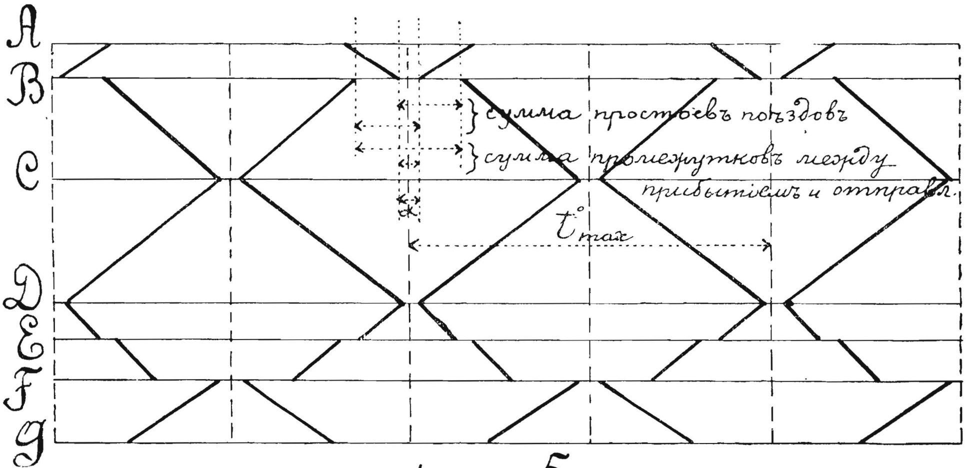


рис. 5.

нiем по тому же перегону других поездов“, служащее в дальнейшем для вывода формулы.

Действительно, это заключение основано на том, что на каждом остановочном пункте, к которому прилегает хотя бы один перегон более легкий в сравнении с максимальным, будут задержки каждого поезда, вызванные разностью времени хода по этому и труднейшему перегону (станция B на рис. 5).

Если же два каких-либо смежных перегона (напр., DE и EF на том же рисунке) имеют сумму времени хода меньшую, чем $t^0{}_{max}$, то поезда могут пройти промежуточный остановочный пункт E без всякой задержки взаимным скрещенiем.

В этом случае оба перегона надо рассматривать, как один перегон, и соответственно уменьшить первый член знаменателя этой основной формулы уменьшением на единицу числа перегонов m, при чем, если эти два перегона крайние на участке, то к величине $t_1{}^0 + 2\alpha$ хода пары по крайним перегонам надо прибавить время 2α задержки поезда на станции, лежащей между этими двумя перегонами.

То же самое будет, если вообще сумма времени хода пары поездов по s смежным перегонам будет меньше $t^0{}_{max}$, т. е. считать за один перегон можно

произвольное число смежных перегонов, *общая сумма* времени хода по которым товарной пары будет меньше $t^0{}_{\max}$. Если же, как, например, на данном графике, следующий за группой перегон FG вместе с предыдущим также удовлетворял бы этому условию, но общая сумма времени хода пары по группе и по этому перегону не была бы меньше $t^0{}_{\max}$, то этот следующий перегон необходимо считать, как самостоятельный.

Этой оговорки проф. Щегловитов не делает, почему его формула, даже и для параллельного графика, как увидим ниже, может давать преуменьшенные значения.

В общем случае, если имеем несколько таких групп перегонов с s_1, s_2, s_3 и т. д., перегонов в каждой, при чем две группы с s_1 и s_2 перегонами примыкают к крайним станциям, то основная формула коммерческой скорости параллельного графика примет вид:

$$V^0{}_m = \frac{2Ln}{24\ [m - 2 - \{(s_1 - 1) + (s_2 - 1) + \ldots (s_k - 1)\}] + [t^0{}_1 + 2\alpha + 2\alpha\ \{(s_1 - 1) + (s_2 - 1)\}]\ n}$$

Однако, учтя необходимость такой поправки основной формулы в дальнейшем при рассмотрении графиков отдельных участков, теперь, чтобы не усложнять окончательной формулы коммерческой скорости непараллельного графика, подставляем в выражение V_k .

$$V^0{}_m = \frac{2Ln}{24\ (m - 2) + (t^0{}_1 + 2\alpha)\ n}$$

и имеем:

$$V_k = \frac{2L\ (n - \varepsilon n')}{\left[\frac{24}{n}(m-2)+(t_1{}^0+2\alpha)\right](n-\varepsilon n')+2n'\left[\frac{24}{n}(m-2)+(t_1{}^0+2\alpha)\right] - 2n'\varepsilon\ (t^0{}_m+2\alpha)+\frac{48}{n}n''(n-\varepsilon n')} =$$

$$= \frac{2L\ (n-\varepsilon n')}{\left[\frac{24}{n}(m-2)+(t^0{}_1+2\alpha)\right]\left[n + n'\ (2-\varepsilon)\right] - 2\varepsilon n'\ (t^0{}_m+2\alpha)+\frac{48}{n}\ n''(n - \varepsilon n')}$$

Вводя сюда коэффициент заполнения графика γ_0, можем написать:

$$n_f = \gamma_0 n = n_{тов} + \varepsilon n' = n - \varepsilon n' + n'' + \varepsilon n' = n + n''$$

Следовательно,

$$n'' = n_f - n = \gamma_0 n - n = n\ (\gamma_0 - 1).$$

Подставляя и замечая, что $t^0{}_{\max} + 2\alpha = \frac{24}{n}$, имеемъ:

$$V_k = \frac{2\ Ln\ (n - \varepsilon n')}{[24\ (m-2) + n\ (t_1{}^0 + 2\alpha)]\ [n + n'\ (2 - \varepsilon)] - 48\ \varepsilon\ n' + 48\ n\ (n - \varepsilon\ n')\ (\gamma_0 - 1)}$$

и

$$\beta_0 = \frac{2\ Ln\ (n - \varepsilon n')}{V_0\ \{[24\ (m-2) + n\ (t^0{}_1 + 2\alpha)]\ [n + n'\ (2 - \varepsilon)] - 48\ \varepsilon n' + 48\ n\ (n - \varepsilon n')\ (\gamma_0 - 1)\}} \quad \ldots \quad (A)$$

или

$$\beta_0 = \frac{A_0}{B_0 + C_0\gamma_0} = \frac{a_0}{b_0 + \gamma_0} \text{ при } \gamma_0 \geq 1$$

т. е. имеемъ уравнение гиперболы, отнесенное къ одной из ее ассимптот (въ данном случае ось γ_0).

В эту общую формулу коэффициента коммерческой скорости при насыщенном и перенасыщенном графике ($\gamma_0 \geq 1$) входят, как мы видим, величины:

L — длина участка,

m — число перегонов участка,

V_0 — ходовая скорость товарного поезда по участку,

$t^0{}_1$ — время прохода пары товарных поездов по обоим крайним перегонам,

α — наименьший возможный промежуток времени между прибытием с перегона и отправлением на тот же перегон скрещающихся поездовъ,

n — полная пропускная способность участка в парах товарных поездов, определяемая по времени хода пары этих поездов по максимальному перегону и величине α из формулы

$$n = \frac{24}{t^0{}_{\max} + 2\alpha}$$

ε — коэффициент влияния на пропускную способность одного поезда срочного обращения или, что то же, число товарных поездов, снимаемое с полного графика каждым поездом срочного обращения.

Все эти величины являются основными элементами, определяющими работу участка, и зависят от технических данных участка (профиль, размещение остановочных пунктов, способ движения поездов и проч.), а коэффиціент ε — и от конфигурации графика поездовъ срочнаго обращения, числа их и степени некратности суток времени $t^0{}_{\max}$.

Кроме того, в формулу входят:

n' — число пар поездов срочного обращения и переменная величина степени насыщенности графика — коэффициент $\gamma_0 = \frac{n_{тов} + \varepsilon n'}{n}$ при условии, что $\gamma_0 \geqslant 1$ или $n_{тов} \geqslant n - \varepsilon n'$.

Таким образом, для каждого участка для различных значений $n_{тов}$., а, следовательно, и γ_0, мы можем найти величину β_0; можем найти и величину β_1 — коэффициента коммерческой скорости при полном заполнении графика, т. е. при $\gamma_0 = 1$.

Однако, как увидим ниже, значения V и β, определенные по выведенной нами формуле, для некоторых участков будут значительно разниться въ сторону уменьшения от тех же величин, определяющихся непосредственным построением графика движения, когда расписания товарных поездов будут определяться не основной сеткой параллельного графика, а действительной возможностью, в зависимости от графика срочных поездов, проложить *наибольшее* число товарных поездов с наименьшими их задержками. А тогда это наибольшее возможное число

товарных поездов определит практически и коэффициент ε влияния на график поездов срочного обращения.

Переходя непосредственно к определению вида кривой $\beta_\gamma = f(\gamma)$ для значений $\gamma < 1$, пользуясь как теоретическими выводами, так и статистическими данными, имеющимися в нашем распоряжении, мы должны притти к заключению, что простейшим методом использования этих данных будет сперва графическое нанесение на прямоугольные координатные оси фактических значений γ и соответствующих им значений β_γ, а затем либо подбор простейшего вида функций $\beta_\gamma = f(\gamma)$, удовлетворяющего как графически построенной кривой, так и условиям прохождения через две основные точки $\gamma = 0$, $\beta_\gamma = 1$ и $\gamma = 1$, $\beta_\gamma = \beta_1$ и общности касательной с кривой $\beta_0 = f(\gamma_0)$ в точке β_1; либо сравнение кривой фактических значений β_γ с той или другой кривой, построенной по какой-либо формуле.

Как увидим ниже, нам придется применить второй прием, так как наши теоретические предпосылки дадут возможность найти точный вид уравнения кривой $\beta_\gamma = f(\gamma)$ и фактические значения коэффициента $\beta_{\text{ф}}$ лишь подтвердять правильность теоретического определения интересующей нас зависимости между β_γ и γ.

Но, во всяком случае, при пользовании статистическими данными, фактические значения $\beta_{\text{ф}}$ будут отношениями фактических коммерческих скоростей за отдельные периоды времени к соответствующим ходовым скоростям за тѣ же периоды, и фактическими значениями γ будут отношения фактических сумм среднего в сутки числа товарных поездов и числа срочных поездов, умноженного на коэффициент влияния на степень заполнения графика этих срочных поездов, к максимальной пропускной способности участков.

Здесь необходимо, однако, принять во внимание, что коэффициент влияния срочных поездов на степень заполнения графика (назовем его Δ) при неполном заполнении ($\gamma < 1$) будет иметь не то значение, что коэффициент ε влияня срочного поезда на пропускную способность при полной насыщенности графика, так как и стеснение срочным поездом товарных поездов, идущих при неполном заполнении пропускной способности вне графика, не аналогично фактической невозможности при одном срочном поезде проложить на полном графике ε товарных поездов.

А так как, вообще, под заполнением графика мы понимаем время суток, занятое прохождением по труднейшему перегону, определяющему пропускную способность участка, всех находящихся в движении поездов; с другой же стороны, рассматривая вопрос о коммерческой скорости товарных поездов в зависимости от их количества на графике, мы должны поезда срочного обращения перевести, в оценке их влияния на пропускную способность, к определенному числу товарных поездов, т. е. найти коэффициент Δ, то представляется ясным, что этим коэффициентом будет отношение времени возможной задержки товарного поезда перед труднейшим перегоном к времени хода по этому перегону самого товарного поезда.

Не трудно убедиться, что это время возможной задержки товарного поезда в зависимости от промежутка времени между проходом его и срочного поезда может колебаться (рис. 6); для скрещений от нуля до $(t^{тов}_{\max} + t^{ср}_{\max} + 2\alpha)$ — суммы времени хода по этому перегону товарного и срочного поездов $+ 2\alpha$; для обгонов: от $(t^{ср} + t^{ср}_{\max} + 2\alpha)$ — суммы времени хода срочного поезда по труднейшему перегону и предшествующему $+ 2\alpha$, до $(t^{тов}_{\max} + t^{ср}_{\max} + 2\alpha)$ — суммы времени хода по труднейшему перегону товарного и срочного поездов $+ 2\alpha$. А так как каждый срочный поезд имеет скрещения и обгоны, то для оценки влияния его на пропускную способность время возможных задержек товарных поездов должно быть принято, как среднее между задержками при скрещении и обгоне.

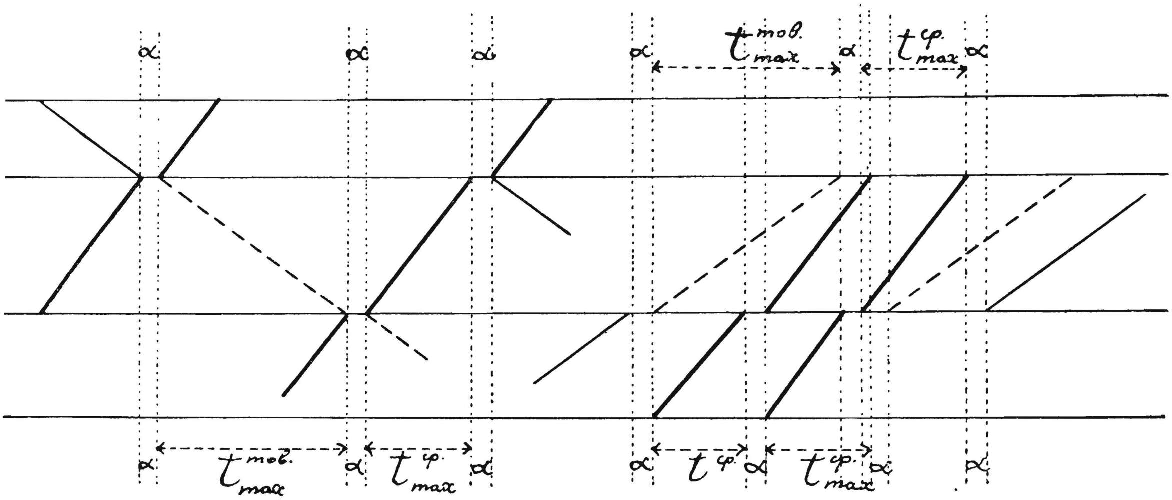


рис. 6.

Поэтому пределы изменений времени задержки товарного поезда для пропуска срочного будут

$$T_{\min} = \frac{0 + (t^{ср}_{\max} + t^{ср} + 2\alpha)}{2} = \frac{t^{ср}_{\max} + t^{ср}}{2} + \alpha$$

$$T_{\max} = \frac{(t^{тов}_{\max} + t^{ср}_{\max} + 2\alpha) + (t^{тов}_{\max} + t^{ср}_{\max} + 2\alpha)}{2} = t^{тов}_{\max} + t^{ср}_{\max} + 2\alpha$$

Однако, несомненно, что максимальный возможный предѣлъ этой задержки можетъ иметь место лишь при неорганизованном движении; при известном же расчете в отправлении поездов с деповских станций этот простой товарных поездов перед труднейшим перегоном должен приближаться к минимальному значению. Затем, наличие на графике нескольких срочных поездов при одновременном неполном заполнении графика товарными поездами создает условия, благоприятствующие уменьшению этого бесполезного простоя товарных поездов. Поэтому

для суждения о нормальных—в смысле приближения к наивысшему пределу—значениях коммерческой скорости нам необходимо принять коэффициент Δ влияния на заполнение пропускной способности срочных поездов равным

$$\Delta = \frac{\frac{1}{2}\left(t^{cp.}_{\max} + t^{cp}\right) + \alpha}{t^{mos}_{\max} + \alpha}$$

или, допуская для простоты $t^{cp} = t^{cp}_{\max}$, что дает некоторое увеличение Δ въ сравнении с его минимальным значением, так как в общем случае $t^{cp} < t^{cp}_{\max}$ получаемъ окончательно

$$\Delta = \frac{t^{cp}_{\max} + \alpha}{t^{mos}_{\max} + \alpha}.$$

Следовательно, для неполной насыщенности графика, т. е. при измененияхъ γ в пределах $0 < \gamma \leq 1$, имеем:

$$\gamma = \frac{n_f}{n} = \frac{n_{mos} + \Delta n'}{n}.$$

Но так как вообще $\Delta \neq \varepsilon$, то, в то время, когда $\gamma = 1$, будем иметь $\gamma_0 \neq 1$; следовательно, чтобы иметь возможность связать определенную теоретически зависимость между β_0 и γ_0 при полном насыщении и перенасыщении графика с искомой зависимостью $\beta_\gamma = f(\gamma)$ и воспользоваться построением кривой β_0 по формуле (A) для нахождения кривой $\beta_\gamma = f(\gamma)$, необходимо заменить γ_0 через γ.

Имеем:

$$\gamma_0 = \frac{n_{mos} + \varepsilon n'}{n},$$

подставляя сюда n_{mos} из выражения

$$\gamma = \frac{n_{mos} + \Delta n'}{n},$$

т. е.

$$n_{mos} = \gamma n - \Delta n',$$

имеем

$$\gamma_0 = \frac{\gamma n - \Delta n' + \varepsilon n'}{n} = \gamma + \frac{n'(\varepsilon - \Delta)}{n}.$$

Подставляя это значение γ_0 в формулу (A), имеем вместо последнего члена знаменателя:

$$48n\,(n - \varepsilon n')\,(\gamma_0 - 1) = 48n\,(n - \varepsilon n')\,\gamma + 48n\,(n - \varepsilon n')\left[\frac{n'(\varepsilon - \Delta)}{n} - 1\right] =$$

$$= 48n\,(n - \varepsilon n')\,\gamma + 48n\,(n - \varepsilon n')\left[\frac{-(n - \varepsilon n') - \Delta n'}{n}\right] =$$

$$= 48n\,(n - \varepsilon n')\,\gamma - 48\,(n - \varepsilon n')^2 - 48\Delta n'\,(n - \varepsilon n').$$

и окончательно

$$\beta_0 = \frac{2L\,(n-\varepsilon n')\,n}{V_0\,\{[24\,(m-2)+n\,(t_1{}^0+2\alpha)]\,[n+n'\,(2-\varepsilon)]-48\varepsilon n'-48\,(n-\varepsilon n')^2-48\Delta n'\,(n-\varepsilon n')+48n\,(n-\varepsilon n')\gamma\}} = \frac{a}{b+\gamma} \quad (B).$$

Вид этой формулы такой же, как и формулы (A), то-есть это есть также гипербола, отнесенная к одной из ассимптот.

При этом надо иметь в виду, что так как формула (A) выведена при условии полного насыщения и перенасыщения графика поездами, то она верна лишь для значений $\gamma_0 \geq 1$; следовательно, и формула (B), являющаяся лишь видоизменением предыдущей формулы, верна лишь при соблюдении этого же условия $\gamma_0 \geq 1$, которое при замене γ_0 через γ выразится так:

$$\gamma \geq 1 - \frac{n'}{n}\,(\varepsilon - \Delta).$$

Поэтому, рассматривая кривую $\beta_\gamma = f_0\,(\gamma)$ изменения коэффициента коммерческой скорости при неполном насыщении графика, как переходящую непосредственно в кривую $\beta_0 = f_0\,(\gamma)$ изменения того же коэффициента скорости при полном графике, мы должны принять высшим пределом изменения степени насыщенности графика указанное значение $\gamma = 1 - \frac{n'}{n}\,(\varepsilon - \Delta)$, при чем, в зависимости от того, будет ли ε больше или меньше Δ, и величина γ будетъ меньше или больше единицы.

Чтобы получить точку перехода одной кривой в другую, необходимо по формуле (B) определить значение β_1 при $\gamma = 1 - \frac{n'}{n}\,(\varepsilon - \Delta)$; для нахождения же общей касательной этих двух кривых в точке

$$\beta_1,\ \gamma = 1 - \frac{n'}{n}\,(\varepsilon - \Delta)$$

имеем значение tgs'а угла α, образуемого ею с осью γ, получаемого при дифференцировании формулы (B) по γ:

$$tg\alpha = \frac{d\beta_0}{d\gamma} = -\frac{a}{(b+\gamma)^2} \text{ при } \gamma = 1 - \frac{n'}{n}\,(\varepsilon - \Delta).$$

Но так как формула (B) выведена при совершенно искусственном предположении, что товарные поезда коммерческого графика должны иметь следование строго по расписаниямъ основной сетки параллельного графика, с которого лишь снято несколько расписаний товарных поездов в зависимости от наличия поездов срочных, что не может быть допущено даже при построении графика, когда необходимо пользоваться каждым свободным интервалом времени между срочными поездами, каждой возможностью передвижки товарного поезда, для достижения, с одной стороны, максимального числа товарных поездов, могущих быть проложенными между сеткой срочных поездов, а с другой—для уничтожения всяких излишних простоев товарных поездов, —то для определения теоретических данных, служащих к выяснению вида кривой $\beta_\gamma = f\,(\gamma)$ для отдель-

ных участков, нам придется, как мы отметили выше, непосредственно построить такие графики при наличии определенного числа срочных поездов и их фиксированном расписании, действовавшем в период времени, к которому относятся наши статистические данные.

Путем такого непосредственного построения максимального коммерческого графика мы определим, во-первых, ε, какъ отношение разности между $n_{\max} = \frac{24}{t^{\circ}_{\max} + 2\alpha}$ и полученным на графике числом товарных расписаний $n^{\phi}_{\max}$ к числу срочных поездов n', т. е.

$$\varepsilon = \frac{n_{\max} - n^{\phi}_{\max}}{n'}$$

и, во-вторых, максимальную коммерческую скорость V_k товарных поѣздов максимального коммерческого графика при его полном заполнении $(n_{\max} - \varepsilon n')$ товарными и n' срочными поездами; а, следовательно, и коэффициент $\beta_1 = \frac{V_k}{V_o}$

Но для выяснения вида кривой $\beta_\gamma = f(\gamma)$ нам необходимо знать и $tg\alpha$ угла касательной в точке перехода этой кривой в кривую изменения β_0 при перенасыщении графика. Такую кривую мы могли бы тоже построить по точкам для отдельныхъ значений $\gamma > 1$, вводя в построенный максимальный график один, два, три и т. д. лишних товарных поезда и определяя затем среднюю коммерческую скорость всех товарных поездов перенасыщенного такимъ способом графика.

Такой прием был бы, однако, слишком затруднителен, и можно, определив непосредственным построением максимального графика главнейшие данности, именно ε, V_k и β_1, а, следовательно, и $\gamma_1 = 1 - \frac{n'}{n}(\varepsilon - \Delta)$, определить численные значения коэффициентов уравнения кривой $\beta_o = f_o(\gamma) = \frac{a}{b + c\gamma}$ следующим образом.

Если построением графика мы определили V_k, то мы можем вычислить и численное значение для данного участка величины $\Sigma T + \Sigma K$ суммы времен хода всех товарных поездов по всем перегонам и времен их задержек по промежуточным станциямъ:

$$\Sigma T + \Sigma K = \frac{2L\,(n - \varepsilon n')}{V_k}.$$

Величина же ΣK_0 дополнительных задержек товарных поездов от введения n'' излишних товарных поездов определится по формуле (см. выше, стран. 16).

$$\Sigma K_0 = \frac{48}{n}\, n''\,(n - \varepsilon n')$$

или, подставляя сюда:

$$n'' = n\,(\gamma_0 - 1) = 48\,(n - \varepsilon n')\left\{\gamma + \left[\frac{n'}{n}(\varepsilon - \Delta) - 1\right]\right\},$$

так как

$$\gamma_0 = \gamma + \frac{n'}{n}(\varepsilon - \Delta),$$

имеем:

$$\Sigma K_0 = 48\ (n - \varepsilon n')\left[\frac{n'}{n}(\varepsilon - \Delta) - 1\right] + 48\ (n - \varepsilon n')\ \gamma = B_0 + C_0\gamma,$$

тогда

$$\beta_0 = \frac{2L\ (n - \varepsilon n') : V_0}{(\Sigma T + \Sigma K) + B_0 + C_0\ \gamma} = \frac{a}{b + \gamma} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (C)$$

откуда определим и

$$tg\alpha = -\frac{a}{(b+\gamma)^2} \text{ при } \gamma = 1 - \frac{n'}{n}(\varepsilon - \Delta).$$

I Участок.

Элементы, его определяющие:

$L = 116{,}09$, $t^0_{\max} = 1{,}26$, $n_{\max} = 18{,}0$, $n' = 4{,}43$ *), $V_0 = 22{,}45$, $m = 14$,
$t_1^0 = 1{,}16$, $2\alpha = 0{,}066$, $\Delta = 0{,}64$.

Построение максимального параллельного графика дало значение коммерческой скорости $V_{\|} = 15{,}24$ и коэффициентъ $\beta_{\|} = 0{,}678$; при наложении на сетку этого максимального параллельного графика в наивыгоднейшем положении графика срочных поездов оказалось, что число снимаемых с графика пар товарных поездовъ равно пяти при пяти парахъ срочных поездов и четыремъ — при четырех парах. Таким образом, коэффициент ε влияния пары срочных поездов получился равным единице. Коммерческая скорость товарных поездов определилась равной 15,72 $в/ч$, при коэффициенте $\beta_1 = 0{,}700$, т. е. дала некоторое повышение даже в сравнении со скоростью параллельного графика, что получилось, с одной стороны, вследствие неидентичности перегонов, а с другой—вследствие выгодного расположения на графике срочных поездов.

Вообще же для этого участка повышенные значения коммерческих скоростей имеют место благодаря сильной неидентичности перегонов; на этом участке мы имеем как раз случай, оговоренный нами выше (стран. 17) при выводе общей формулы коммерческой скорости для насыщенного и перенасыщенного графика, так как сумма времени хода пары поездов по двум парам смежных перегонов (первый и второй—55 м., третий и четвертый — 70 м.) меньше времени хода пары по труднейшему перегону—76 м.

*) Четыре постоянных пары срочных поездов и одна пара курьерских три раза в неделю.

Подсчет максимальной коммерческой скорости параллельного графика по неисправленным формулам Щегловитова дает:

$$V_{\max}^{пред.} = \frac{2Ln}{24\ (m-2) + (t^0{}_1 + 2\alpha)\ n} = 13{,}47,$$

$$V_{\max} = \frac{2Ln}{24m - 2\alpha n} = 12{,}48,$$

т. е. ниже полученной на графике. Если же ввести нашу поправку и определить $V_{\max}^{пред.}$ и $V_{\max}$ по исправленным формулам, то получим, имея в виду, что $k_1 = 2$ и $k_2 = 2$:

$$V_{\max}^{пред.} = \frac{2Ln}{24\ [m - 2 - (k_1 - 1) - (k_2 - 1)] + [t^0{}_1 + 2\alpha + 2\alpha\ (k_1 - 1)]\ n} = 15{,}26,$$

$$V_{\max} = \frac{2Ln}{24\ [m - (k_1 - 1) - (k_2 - 1)] + 2\alpha n} = 14{,}44.$$

Таким образом, максимальная коммерческая скорость, полученная построениемъ графика, является средней между двумя предельными расчетными значениями по формулам,

$$15{,}26 > 15{,}24 > 14{,}44,$$

что подтверждает правильность нашей поправки и, вообще, *возможность пользования формулой* для определения коммерческой скорости *максимального параллельного графика.*

Если же взять выведенную нами общую формулу коммерческой скорости V_k для коммерческого графика (форм. A) и ввести такую же поправку, то получим:

$$V_k = \frac{2Ln\ (n - \varepsilon n')}{[24\ (m-4) + n\ (t_1^0 + 4\alpha)]\ [n + n'\ (2 - \varepsilon)] - 48\varepsilon n'^2 + 48n\ (n - \varepsilon n')\ (\gamma_0 - 1)}$$

При определившемся построениемъ графика $\varepsilon = 1{,}0$ и $\gamma_0 = 1$

имеем

$$V_k = 9{,}94\ ^{в}/_{ч} \text{ и } \beta_1 = 0{,}443.$$

Между тем как построением графика эта скорость определилась

$$V_k = 15{,}72\ ^{в}/_{ч}\ .$$

Отсюда следует, что пользоваться теоретической формулой коммерческой скорости коммерческого графика, выведенной при искусственном предположении неизменности основной сетки параллельного графика, не представляется совершенно возможным, по крайней мере, в данном случае. Поэтому, чтобы найти численные коэффициенты уравнения кривой $\beta_0 = \frac{a}{b + \gamma}$ при перенасыщенном графике, прибегаем к изложенному выше приему.

$$\Sigma T + \Sigma K = \frac{2L\ (n - \varepsilon n')}{V_k} = \frac{3150{,}5}{15{,}72} = 200{,}4$$

$$\Sigma K_0 = 48\,(n - \varepsilon n')\left[\frac{n'}{n}\ (\varepsilon - \Delta) - 1\right] + 48\ (n - \varepsilon n')\ \gamma = -594{,}04 + 651{,}36\gamma$$

$$\beta_0 = \frac{2L\ (n - \varepsilon n') : V_0}{(\Sigma T + \Sigma K + B_0) + C_0\gamma} = \frac{140{,}3}{-394 + 651\gamma} = \frac{0{,}2155}{-0{,}6052 + \gamma}.$$

А так как

$$\gamma = 1 - \frac{n'}{n}\ (\varepsilon - \Delta) = 0{,}912$$

то

$$tg\alpha = -\frac{a}{(b+\gamma)^2} = -2{,}28.$$

II участок.

$$L = 124{,}48,\ \ t^0_{\max} = 0{,}95,\ \ n_{\max} = 23{,}607,\ \ n' = 4{,}43,\ \ V_0 = 23{,}70,\ \ m = 14,$$
$$t^0_1 = 1{,}44,\ \ 2\alpha = 0{,}066,\ \ \Delta = 0{,}64.$$

Построение максимального параллельного графика дало $n_m = 23{,}5$, $V_{||} = 18{,}05$ и $\beta_{||} = 0{,}761$; по формулам коммерческой скорости для этого участка имеем:

$$V^{пред.}_{\max.} = \frac{2Ln}{24\ (m-2) + (t^0_1 + 2\alpha)\ n} = 18{,}15.$$

$$V_{\max} = \frac{2Ln}{24m - 2\alpha n} = 17{,}6.$$

Построением максимального коммерческого графика при наивыгоднейшем расположении графика срочных поездов в отношении наименьшей потери пропускной способности (т. е. при наивыгоднейшемъ расположении графика срочных поездов на максимальном перегоне) получаем

$$\varepsilon = 1{,}07,\ \ V_k = 12{,}81\ \text{ и }\ \beta_1 = 0{,}540.$$

Если определить максимальную коммерческую скорость коммерческого графика при полном заполнении по формуле (A), то при $\gamma_0 = 1$ получим:

$$V_k = \frac{2Ln\ (n - \varepsilon n')}{[24\ (m-2) + n\,(t_1^0 + 2\alpha)]\ [n + n'\,(2 - \varepsilon)] - 48\varepsilon n'^2 + 48n\,(n - \varepsilon n')\ (\gamma_0 - 1)} = 12{,}68$$
$$\text{и }\ \beta_1 = 0{,}535,$$

т. е. в этом случае по формуле получилось более высокое значение коммерческой скорости коммерческого максимального графика, чемъ дает непосредственное его построение.

Объяснение этому мы находим в крайне неблагоприятном разбросанном расположении по участку графика срочных поездов, при одновременном приближении перегонов к идентичности, не позволяющей произвести в широкой мере перемещения линий расположения товарных поездов.

Однако, в то же время, коммерческая скорость максимального параллельного графика получилась в этом случае гораздо более высокой, чем для первого участка:

$$V''_{II} = 18{,}05 > V'_{I} = 15{,}24.$$

Таким образом, уже из сравнения двух наших участков мы можем вывести заключение, что *идентичность* перегонов необходима для повышения коммерческой скорости максимального *параллельного* графика и въ то же время она *приводит к обратному результату для максимального коммерческого графика.*

$$\beta_0 = \frac{197{,}06}{-453 + 890\gamma} = \frac{0{,}221}{-0{,}51 + \gamma} \quad \text{при} \quad \gamma = 0{,}919 \quad \text{и} \quad \beta_0 = 0{,}540 \quad tg\alpha = -1{,}31.$$

III участок.

$$L = 127{,}75, \quad t^0_{max} = 1{,}10, \quad n_m = 18{,}95, \quad n' = 4{,}43, \quad V_0 = 23{,}70, \quad m = 13,$$
$$t^0_1 = 1{,}79, \quad 2\alpha = 0{,}166, \quad \Delta = 0{,}58.$$

Увеличение величины 2α для этого перегона объясняется тем, что один из разъездов, примыкающих к максимальному перегону, — усовой съ тупиковыми разъездными путями. Такое устройство путей вызывает перед отправлением поезда дополнительные маневровые передвижения в том случае, если ранее прибывший поезд до прибытия встречного не осажен в разъездной тупик, а пропущен в него паровозом вперед. Такой прием поезда иногда бывает неизбежен, так как часто для агента, распоряжающегося приемомъ поездов, бывает затруднительно заблаговременно, до отдачи необходимых распоряжений по приему поездов, рассчитать, какой из поездов прибудет первым, а, кроме того, и времени, остающегося до прибытия встречного поезда, можетъ не хватить для производства маневров, почему, чтобы не задержать подходящего поезда у семафора на трудном профиле (raison d'être усовых разъездов), приходится принимать ранее прибывший поезд непосредственно в тупик паровозом вперед.

В этом случае маневровые передвижения по обратному осаживанию на главный путь могут отнимать до 10—15 м. времени, в течение которых произойдет, конечно, и запрос пути; при предварительном же осаживании в тупик интервал α можно принять по прежнему в две минуты; таким образом, среднее значение $\alpha = \frac{2 + 12{,}5}{2} = 7{,}25$ м. и среднее значение 2α для двух пунктов, ограничивающих максимальный перегон: $2\alpha = 7{,}25 + 2 = 9{,}25$ округленно 10 мин.

Построение максимального параллельного графика дало $n_{max} = 18,5$, $V = 16,17$ и $\beta_{||} = 0,682$. Максимальная коммерческая скорость по формулам:

$$\left.\begin{aligned} V^{np}_{max} &= \frac{2Ln}{24\ (m-2) + (t_1^0 + 2\alpha)\ n} = 16,18 \\ V_{max} &= \frac{2Ln}{24m - 2\alpha n} = 15,21 \end{aligned}\right\} \quad 16,18 > 16,17 > 15,21.$$

Построение максимального коммерческого графика дало

$$\varepsilon = 0,726,\ V_k = 14,88 \text{ и } \beta_1 = 0,620.$$

Максимальная коммерческая скорость по формуле (A) получается равной:

$$V_k = 10,309 \text{ и } \beta_1 = 0,435$$

$$\beta_0 = \frac{165}{-446 + 734\gamma} = \frac{0,225}{-0,608 + \gamma}$$

при

$$\gamma = 0,966 \text{ и } \beta_0 = 0,620\ tg\alpha = -1,75.$$

IV участок.

$L = 126,41$, $t^0_{max} = 1,36$, $n_{max} = 16,74$, $n^1 = 4,43$, $V_0 = 24,6$, $m = 10,0$, $t^0_1 = 2,55$, $2\alpha = 0,066$, $\Delta = 0,64$.

Построение максимального параллельного графика дало:

$$n_{max} = 16,5,\ V_{||} = 18,11 \text{ и } \beta_{||} = 0,736$$

по формулам коммерческой скорости имеем:

$$V^{np}_{max} = 18,03 \text{ и } V_{max} = 17,71.$$

Таким образом, скорость, полученная построением графика, превысила даже расчетную максимальную: $18,11 > 18,03$.

Построение максимального коммерческого графика дало:

$$\varepsilon = 1,07,\ V_k = 16,04 \text{ и } \beta_1 = 0,652.$$

По формуле (A) имеем

$$V_k = 10,80 \text{ и } \beta_1 = 0,439$$

$$\beta_0 = \frac{123}{-320 + 576\gamma} = \frac{0,213}{-0,555 + \gamma}$$

при $\gamma = 0,887$ $tg\alpha = -2,24$.

V участок.

$$L = 128,56,\ t^0{}_{max} = 1,13,\ n_{max} = 20,0,\quad n' = 4,43,\quad V_0 = 22,83,\quad m = 13;$$
$$t^0{}_1 = 1,55,\ 2\alpha = 0,066,\ \Delta = 0,64.$$

Построение максимального параллельного графика дало:

$$V_{\text{ц}} = 17,41 \quad \text{и} \quad \beta_{\text{ц}} = 0,762.$$

По формулам коммерческой скорости параллельного графика имеем:

$$V^{\text{пр.}}_{max} = 17,39 \quad \text{и} \quad V_{max} = 16,60.$$

Построение максимального коммерческого графика дало:

$$\varepsilon = 0,95,\quad V_k = 15,23,\ \beta_1 = 0,667.$$

По формуле (А) имеемъ:

$$V_k = 12,716 \text{ и } \beta_1 = 0,557$$

$$\beta_0 = \frac{178}{-440 + 758\gamma} = \frac{0,235}{-0,58 + \gamma};$$

при $\gamma = 0,932$ $tg\alpha = -1,89$.

Закончив с определением главнейших элементов, характеризующих наши участки в отношении коммерческих скоростей как параллельного, так и коммерческого графиков, попробуем сделать, какие возможно, обобщающие выводы.

а. Параллельный максимальный график.

Прежде всего отметим еще раз, что выводы инженера Щегловитова о выгодности для получения максимальных значений V_k параллельного графика идентичности перегонов вполне подтверждаются как непосредственным построением графика, так и подсчетами по его формулам, при чем, однако, его формула в частном случае, когда какая-либо пара перегонов имеет сумму времени хода меньшую $t^0{}_{max}$, нуждается, какъ сказано, въ соответствующей поправке.

Действительно, если ввести, как характеризующее в этом отношении, понятие *коэффициента идентичности* перегонов i, представляющее отношение среднего времени занятия парой товарных поездов всех перегонов, кроме максимального, ко времени занятия этого последнего, то имеем (см. нижепомещаемую таблицу I), что чем больше i, чем ближе он к своему пределу, равному единице, тем большие значения коэффициента коммерческой скорости максимального параллельного графика $\beta_{\text{ц}}$ мы имеем, как при расчете $V_{\text{ц}}$ по формулам, так и при непосредственном построении графика.

При нанесении значений $\beta_{||}$ для пяти участков на прямоугольные координаты как функции i (см. черт. VI) имеем кривую $\beta = f(i)$ с одной стороны, стремящуюся к значению $\beta_{||} = 1$ при приближении i к его пределу, равному единице, а с другой стороны понижающуюся по мере уменьшения i, при чем, однако, характер кривой остается неопределенным.

Для раскрытия этой неопределенности, прежде всего, установим, в зависимости от каких условий может изменяться коэффициент идентичности i для любого участка.

Так как i, по нашему определению, есть отношение среднего времени занятия парой поездов всех остальных, кроме максимального перегонов, ко времени хода по этому последнему, то имеем

$$i = \left(\frac{T - t_m}{m-1} + 2\alpha\right) : (t_m + 2\alpha) = \frac{T - t_m + 2\alpha\,(m-1)}{(m-1)\,(t_m + 2\alpha)} \quad . \; . \; . \quad (a)$$

Здѣсь T и α для данного участка постоянны и изменение i может иметь место или при. $m = const$ и переменном t_m, или при $t_m = const$ и переменном m, если не принимать во внимание возможности одновременного изменения и t_m и m.

В том или другом предположении, при высшем предельном значении $i = 1$ коэффициент $\beta_{||}$ определяется, как

$$\beta_{||} = \frac{V_k}{V_0} = \frac{2L}{T + 2\alpha\,(m-1)} : \frac{2L}{T} = \frac{T}{T + 2\alpha\,(m-1)},$$

при чем при $i = 1$ из формулы (a) имеем:

$$m = \frac{T}{t_m} \text{ и } t_m = \frac{T}{m}.$$

Следовательно, предположив сперва $m = const$, имеем. при $i = 1$,

$$np.\ \beta_{||} = \frac{T}{T + 2\alpha\,(m-1)},$$

т. е. вполне определенной величине.

Для пяти рассматриваемых участков при $i = 1$ имеем:

$$np.\ \overset{(1)}{\beta_{||}} = 0{,}928;\ np.\ \overset{(2)}{\beta_{||}} = 0{,}929;\ np.\ \overset{(3)}{\beta_{||}} = 0{,}915;\ np.\ \overset{(4)}{\beta_{||}} = 0{,}945;\ np.\ \overset{(5)}{\beta_{||}} = 0{,}934.$$

С другой стороны, приближение i к другому своему пределу при условии $m = const$ может иметь место лишь при увеличении t_{max} до величины весьма близкой к T, хотя условия $t_m = T$ не может иметь место не только фактически, но и теоретически, ибо тогда имели бы, что m должно стать равным единице, а не остаться $m = const$.

Однако, в пределе, при приближении t_m к T, имеем:

$$npi_{t_m = T} = \frac{2\alpha}{T + 2\alpha},$$

т. е. величине весьма малой.

В этом случае среднее время хода поезда по всем остальным, кроме максимального, перегонам было бы также весьма мало,так как определялось бы из выражения (a):

$$\frac{t_{cp}}{T+2\alpha}=\frac{2\alpha}{T+2\alpha} \text{ или } t_{cp}=2\alpha.$$

Построение параллельного графика в этом случае дало бы возможность проложить товарные поезда до и после максимального перегона с задержками взаимными скрещениями, не превышающими величины 2α, каковыми мы можем пренебречь, и тогда, в пределе, значение коэффициента $\beta_{|}$ при приближении i к своему низшему пределу, будет равно также:

$$\beta_{|}=\frac{T}{T+2\alpha(m-1)}.$$

Таким образом, в предположении $m=const$ и изменении i в зависимости от изменения $t_{\max}$ от $t_{\max}=\frac{T}{m}$ до $пр.\ t_{\max}=T$, мы должны получить кривую изменения $\beta_{||}$ вида синусоиды.

Однако, условие изменения коэффициента i в зависимости от изменения $t_{\max}$ при постоянном m не имеет практического смысла, так как изменение $t_{\max}$ приводит к изменению $n_{\max}$, т. е. пропускной способности, между тем как задание определенной пропускной способности $n_{\max}$ является основным условием как при проектировании линии, так и открытии того или другого количества остановочных пунктов при ее эксплоатации.

Поэтому в практическом отношении имеет значение изменение i в зависимости от изменения m при

$$t_m=const=\frac{24-2\alpha n_m}{n_m}.$$

Для того, чтобы иметь $i=1$, попрежнему будем иметь

$$m=\frac{T}{t_m} \text{ и } \beta_{||}=\frac{T}{T+2\alpha\ (m-1)},$$

т. е. то же значение высшего предела $\beta_{|}$.

При увеличении m будет иметь место уменьшение величины среднего времени хода поезда по всем остальным, кроме максимального, перегонам, а, следовательно, и меньшая задержка поездов взаимными скрещениями. При m безконечно большом, эта задержка будет равна нулю и останется лишь задержка на производство сношений о приеме поездов α.

Однако, и такая малая задержка поезда при безконечно большом числе задержек дает безконечно большую сумму задержек, почему в пределе будем иметь

$$пр.\ \beta_{||}=\frac{T}{T+2\alpha\,.\,\infty}=0.$$

Таким образом, при изменении i в зависимости от изменения числа перегонов m кривая изменения коэффициента коммерческой скорости максимального параллельного графика отъ верхнего предела, равного $\frac{T}{T+2\alpha(m-1)}$, опускается до значений, близких к 0, имея значение $\beta_{||}=0$ лишь в пределе при приближении m к безконечности.

Для каждого из рассматриваемых участков, задаваясь достаточно большими значениями m, когда величина среднего времени хода по всем, кроме максимального, перегонам будет настолько мала, что задержками поездов взаимными скрещениями и обгонами можно пренебречь, можно подсчитать как значение i по формуле (a), так и β по формуле

$$\beta_{||}=\frac{T}{T+2\alpha(m-1)}$$

и, таким образом, определить достаточно точно кривые изменения $\beta_{||}=f\ (i)$ в их частях, приближающихся к пределу, равному $\beta_{||}=0$ при $i=0$. Точками, характеризующими промежуточные значения функции $\beta=f(i)$ при значениях m, имеющих практический смысл, будут полученные нами путем построения графика значения $\beta_{||}$, и, наконец, предельное значение $\beta_{||}$ при $i=1$ мы имеем для каждой кривой из выражения

$$\beta_{||}=\frac{T}{T+\ \alpha(m-1)}.$$

При этом, собственно говоря, мы будем иметь для каждой кривой соответственного участка лишь одну такую точку фактического значения $\beta_{||}$.

Получить дополнительные промежуточные точки мы могли бы, конечно, таким же построением графика, увеличивая произвольно число перегонов против фактически имеющихся на данном участке,—однако, это было бы слишком сложно, с одной стороны, а с другой—все равно несоответственно в полной мере, так как хотя мы и ввели понятие коэффициента идентичности i, исходя из некоего *среднего* времени прохода парой поездов всех перегонов, кроме максимального, но несомненно, что на величину коэффициента $\beta_{||}$ влияютъ и взаимные соотношения величин *действительных* времен хода по отдельным перегонам.

Это действительное соотношение мы имели бы все равно только при построении графика при фактическом числе и расположении перегонов, всякое же увеличение их числа было бы уже уклонением от действительности и от точных значений коэффициента $\beta_{||}$,—поэтому мы можем упростить задачу предположением, что при измененіи числа перегонов m в сравнении с фактическим его значением, время хода по каждому из перегонов, кроме максимального, будет одинаково,—т. е. и при определении коэффициента $\beta_{||}$ для разных значений m исходить из среднего времени прохода пары поездов по каждому из этих перегонов—$t_{cp.}$

При таком же условии величина $\beta_{||}$ для различных значений $(m-1)$ может быть определена и вычислением, исходя из следующих соображений:

Если t_{cp}, будучи меньше $t_{\max}$, в то же время не мало настолько, чтобы имело место условие, оговоренное нами выше на стр. 17 при выводе общей формулы коммерческой скорости максимального коммерческого графика, то коммерческая скорость максимального параллельного графика вполне точно для любого значения $t_{cp.}$ будет определяться формулами:

$$V_{\max}^{пред.} = \frac{2Ln}{24(m-2) + (t_1^0 + 2\alpha)n}$$

и

$$V_{\max} = \frac{2Ln}{24m - 2\alpha n}$$

с подстановкой вместо t_1^0 величины $2t_{cp.}$.

Если же t_{cp} настолько мало, что время прохода парой поездов целой группы s перегонов будет меньше $t_{\max}$, — то в эти формулы нужно ввести указанные выше исправления. Для каждого частного случая ввести эти исправления не трудно, как это и было нами сделано для одного из участков; однако, обобщенное исправление формулы приводит к весьма сложным выкладкам. Поэтому применим другой прием.

Если t_{cp} достаточно мало настолько, что время проследования пары поездов по s перегонам меньше времени занятия парой поездов максимального перегона, то дополнительные задержки взаимными скрещениями будут иметь место через каждые s перегонов. Определим величину этой задержки k для пары поездов.

Из рассмотрения самой конфигурации графика (рис. № 7) хотя бы для частного случая, когда $s = 3$, видно, что $k = 2y = x + \alpha$, при чем

$$x = (t_m + \alpha) - (a + b)\ s = (t_m + \alpha) - (t_{cp.} + 2\alpha)\ s,$$

следовательно,

$$k = (t_m + 2\alpha) - (t_{cp.} + 2\alpha)\ s.$$

Величина s определится как целое число частного от деления $(t_m + 2\alpha)$ на $(t_{cp} + 2\alpha)$, — т. е. величины обратной i,—которое, в общем случае, представляет из себя дробь, большую единицы. В частном же случае, когда это частное равно целому числу, никаких дополнительных задержек взаимным скрещением не будет иметь место и $k = 0$.

В этом частном случае:

$$\beta_1 = \frac{T}{T + 2\alpha(m-1)}.$$

Задержка взаимным скрещением на время k будет иметь место в общем случае, через каждые s перегонов, а всего r раз, при чем r определяется как частное от деления $(m-1)$ перегонов на число их s, составляющее группу.

Эта величина, в общем случае, также дробь, большая единицы, при чем в этом случае r также равно целому числу этой дроби. Если же, в частном случае, $\frac{m-1}{s}$ равно целому числу, то последняя задержка k придется уже на конечной станции и ее нужно отбросить и число задержек брать на единицу меньше, именно $(r-1)$.

Таким образом, общая сумма задержек поездов взаимными скрещениями будет:

или

$$\Sigma k = \left(\frac{m-1}{s} - 1\right)\left[(t_m + 2\alpha) - s(t_{cp} + 2\alpha)\right]$$

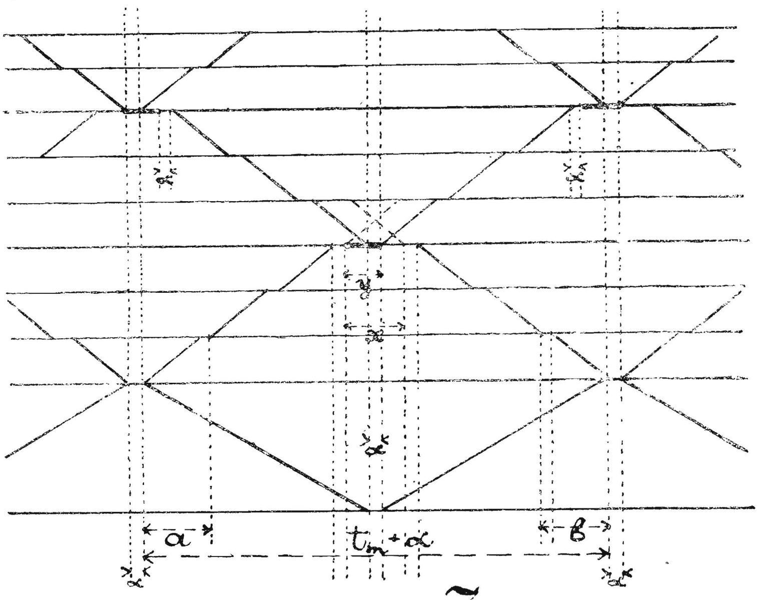


рис. 7.

или

$$\Sigma k = r\left[(t_m + 2\alpha) - s(t_{cp} + 2\alpha)\right],$$

при чем здесь r равно целому числу дроби $\frac{m-1}{s}$.

Коэффициент β_{II} определится, как:

$$\beta_{II} = \frac{T}{T + 2\alpha(m-1) + \Sigma k}.$$

Производим подсчеты значений β_{II} для различных значений $(m-1)$ для всех пяти участков и соответственных значений коэффициента i и наносим их на график (см. чертеж VI).

При этом получаем такую картину, одинаковую для всех пяти участков:

При значениях m достаточно больших (от $m = 100$ и более) имеемъ плавные кривые с весьма резким повышением значений $\beta_{||}$ от 0 до $\beta_{||} = 0,60$ при изменениях коэффициента i в границах от предельных значений при $m = \infty$, определяемых из выражения

$$i = \frac{\frac{T - t_m}{m - 1} + 2\alpha}{t_m + 2\alpha} = \frac{\frac{T - t_m}{\infty} + 2\alpha}{t_m + 2\alpha} = \frac{2\alpha}{t_m + 2\alpha},$$

которое для пяти участков последовательно равно:

0,05, 0,06, 0,052, 0,047 и 0,055;

до значений $i = 0,10 - 0,15$.

Но по мере уменьшения m, численные значения коэффициентов $\beta_{||}$ для отдельных значений m имеют все более резкие колебания, почему кривая переходит в резко ломаную линию, вернее—в ряд отдельных кривых, прерывающихся при каждом переходе величины $\frac{1}{i}$ через целые числа, при чем верхние значения этих кривых, соответствующие $\beta_{||} = \frac{T}{T + 2\alpha(m-1)}$, дают постепенное приближение к верхнему пределу $\beta_{||}$ при $i = 1$. Такой же перелом кривой происходит и при переходе численного значения величины $\frac{1}{i}$ через число 2 или $i = 0,50$, при чем для всех пяти участков непосредственно после $i > 0,50$ значения $\beta_{||}$ резко падают до величины 0,50, после чего начинается опять-таки достаточно плавное и непрерывное повышение кривой к пределу $\beta_{||}$ при $i = 1$, т. е. при полной идентичности перегонов (на чертеже VI нанесены переломы кривой I участка при переходе значений $\frac{1}{i}$ через целые числа и их верхняя и нижняя обертывающие кривые; для других же участков—только верхние обертывающие кривые и кривая изменения $\beta_{||} = f\ (i)$ при изменении i в пределах от 0,5 до 1,00).

Такое расположение кривых $\beta_{||} = f\ (i)$ и их перерывов при значеніях $\frac{1}{i}$ равным целым числам можно было предвидеть из рассмотрения самой конфигурации параллельного графика при постепенном увеличении числа перегонов и при условии сохранения $t_m = const.$

Действительно, если от $m = m_{\min}$, соответствующего полной идентичности ($i = 1$), переходить к постепенному увеличению m, следовательно, уменьшению $t_{сред.}$, то до тех пор, пока время занятия поездом двух перегонов остается большим, чем $t_m + 2\alpha$, дополнительные задержки взаимными скрещеніями непрерывно возрастают, а, следовательно, непрерывно падает и значение $\beta_{||}$.

Как только первоначально идентичные перегоны как бы поделятся пополам ($i = 0,50$) и время занятия двух смежных перегонов становится меньше, чем $t_m + 2\alpha$, то взаимные задержки скрещениями исчезают через каждый один перегон, что и приводит к резкому увеличению значения $\beta_{||}$ — т. е. как бы перерыву функции $\beta_{||} = f\ (i)$.

При дальнейшем увеличении m имеет место изменение времени Σk суммы дополнительных задержек скрещениями в зависимости от различных числовых значений величин $\frac{1}{i}$ и r, как это разобрано нами выше, при чем при каждом переходе этихъ значений через ряд целых чисел получаются и резкие переломы кривой на подобие перелома при значении $\frac{1}{i} = 2$, до тех пор, пока абсолютная величина Σk является сравнительно большой в отношении величины $2\alpha\ (m-1)$. Но при дальнейшем увеличении m, наибольшее влияние на значение коэффициента $\beta_{||}$ оказывает уже эта последняя величина $2\alpha\ (m-1)$, почему кривая получает характер плавного и быстрого приближения к исходной своей точке $\beta_{||} = 0$ при предельном значении i.

Итак, мы можем вывести заключение, что для *максимального параллельного графика* наибольшее значение коэффициента $\beta_{||}$ коммерческой скорости имеет место при полной идентичности перегонов ($i = 1$); при увеличении числа перегонов, но в предположении, что идентичность всех, кроме максимального, перегонов сохранится, и понижении значения i до $i = 0{,}90$, имеетъ место сравнительно небольшое уменьшение коэффициента $\beta_{|}$ до значений $0{,}85 - 0{,}90$; такие же значения коэффициента $\beta_{||}$ получаются и при удвоении числа перегонов, т. е. как бы при подразделении каждого из $m_{\min}$ идентичных перегонов пополам; при изменении i отъ $i = 0{,}90$ до $i = 0{,}50$ происходит непрерывное и резкое падение коэффициента $\beta_{||}$, при чем, хотя каждая из участковых кривых является сложной по выражению кривой, проходящей через значения $\beta_{|} = 0$ при $i = \min\ i$ и $\beta_{|} = \max \beta_{||}$ при $i = 1$, но, приближенно, закон измнения коэффиціента $\beta_{|}$ въ этих пределах изменения i может быть выражен уравнением прямой $\beta_{||} = ai$, при чем коэффициент $a = 1$, а, следовательно, $\beta_{|} = i$.

При уменьшении i от $i = 0{,}50$ въ пределах практически возможнаго увеличения числа перегонов, величина коэффициента $\beta_{||}$ подвержена резкимъ колебаниямъ в зависимости от комбинаций числовых значений s и r, при чем хотя эти значения коэффициента $\beta_{||}$ практически и возможны, но, в то же время, практически не имеют смысла, так как, вообще, увеличение числа перегонов вдвое против минимального, соответствующего полной идентичности, при оставлении неизменным максимального перегона, явилось бы совершенно несообразным способом достижения больших значений коэффициента скорости, приводящим къ двойным эксплоатационным расходам по содержанию разъездовъ.

Однако, до сих пор мы рассматривали вопрос при условии идентичности всех перегонов, кроме максимального, исходя из некоторого среднего времени $t_{cp.}$ прохода поезда по немаксимальным перегонам; между тем как на практике такое условие, вообще, не имеет места, и перегоны отличаются по времени хода не только от максимального, но и взаимно. Эти практически возможные комбинации перегонов и соответствующие им значения коэффициента $\beta_{|}$ мы и имеемъ из построения параллельных максимальных графиков наших пяти участков.

При этом оказывается, что для четырех из них отклонения практических значений β_1 от теоретических (см. таблицу I) совершенно ничтожны и их взаимные соотношения в общем подчиняются тому же приближенному закону изменения β_1, какъ функціи i: $\beta_{11} = i$.

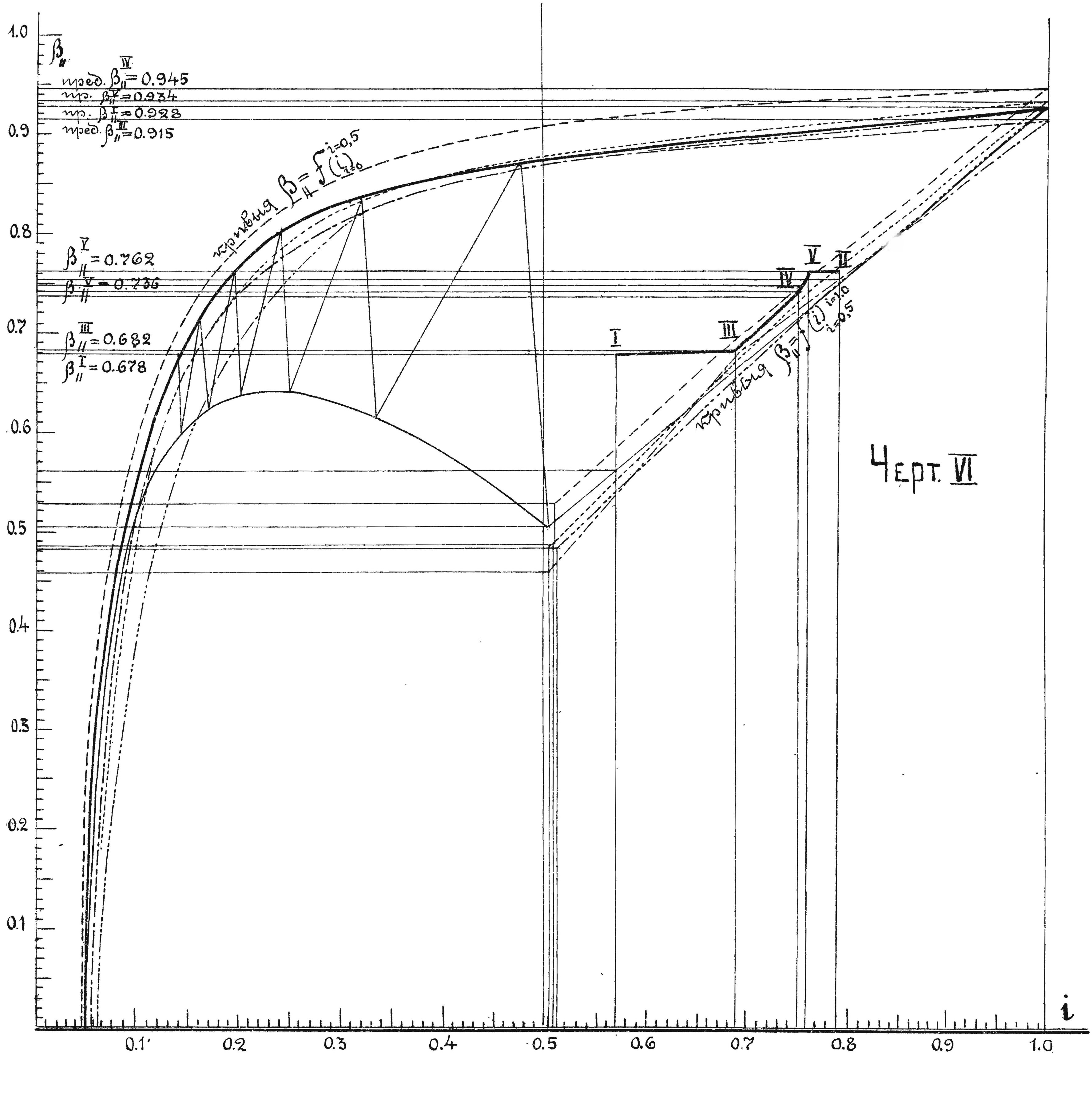
Эти отклонения в трех случаях происходят в сторону увеличения β (уч. II, III и V) и для IV уч.—в сторону уменьшения, при чем последнее обстоятельство объясняется тем, что вследствие некратности суток и t_{max} — времени хода пары поездов по труднейшему перегону, на графике проложены рядом два поезда одного направления, чемъ нарушена выгодная для коэффициента β_1 симметричность графика по вертикальным часовым линиям. Такое же нарушение симметрии вследствие некратности имеем и для III уч., но там потеря времени компенсируется наличием свободного времени на графике вследствие значительной некратности.

Для первого участка мы имеем значительное отклонение в сторону увеличения практического коэффициента $\beta = 0{,}678$ от теоретического значения $\beta = 0{,}560$, при чем объясняется это исключительно тем, что здесь хотя и частично, но осуществлено условие, что время занятия парой поездов группы смежных перегонов меньше времени занятия труднейшего перегона, т. е. $t_m + 2\alpha$, при чем, кроме того, это имеет место для крайних перегонов участка.

Итак, и для условий практически возможных, мы можем сделать вывод, что *коэффициент коммерческой скорости максимального параллельного графика* приближенно *равен коэффициенту идентичности перегонов*, а, следовательно, надо стремиться к возможному увеличению этого коэффициента; а, кроме того, *увеличение коэффициента коммерческой скорости при сохранении того же коэффициента идентичности, т. е. при том же числе перегонов, может быть достигнуто условием, чтобы время занятия парой поездов группы смежных перегонов было менее* $t_{max} + 2\alpha$ и расположением этих групп на концах участка.

Таблица I.

Участки.	Число перегонов m.	t_{max}	T	min i	Фактическ. значения: Коэффиц. идент. i	Фактическ. значения: Коэффиц. скор. β	Теоретич. коэффиц. β_{11} при факт. i	Предел β при $i = 1$.
I	14	76	620	0,05	0,57	0,678	0,560	0,928
II	14	57	631	0,06	0,79	0,761	0,754	0,929
III	13	66	647	0,052	0,69	0,682	0,677	0,915
IV	10	82	617	0,047	0,75	0,736	0,748	0,945
V	13	68	679	0,055	0,76	0,762	0,742	0,934



β_II
пред. β_II^IV = 0.945
пр. β_II^V = 0.934
пр. β_II^I = 0.928
пред. β_II^III = 0.915
кривая β_II = f(i) i=0 i=0,5
β_II^V = 0.762
β_II^V = 0.736
β_II^III = 0.682
β_II^I = 0.678
I
III
IV
V
II
кривая β_II = f(i) i=0,5 i=1,0
1.0
0.9
0.8
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
i
0.1
0.2
0.3
0.4
0.5
0.6
0.7
0.8
0.9
1.0
Черт. VI

6. Максимальный коммерческий графикъ.

Прежде всего мы должны отметить, что определенные непосредственным построением максимальных коммерческих графиков коэффициенты ε влияния срочных поездов имеют для всехъ пяти участков величину, близкую к единице, но отнюдь не ту максимальную величину $\varepsilon = 2$, которая принята инженером Щегловитовым при выводе его формул в предположении неизменности основной сетки товарных поездов. Более того, полученные значения ε, колеблющиеся въ пределах от 0,726 до 1,07, гораздо менее и принимаемого обычно в практических расчетах значения $\varepsilon = 1,5$. Столь малые значения величины ε объясняются прежде всего именно тем, что раз мы строим максимальный коммерческий график, сдвигая на перегонах линии хода товарных поездов в зависимости от прохождения срочных—что мы можем делать, благодаря неидентичности перегонов,—то фактически условиями, определяющими коэффициентъ ε, будут лишь: отношение времени хода срочного поезда к ходу товарного на труднейшем перегоне и относительное расположение на этом же перегоне линий хода срочных поездов. Если это последнее таково, что в каждом интервале между срочными поездами прокладывается целое число товарных без всякой потери времени, то коэффициент ε будет иметь предельное минимальное значение $\varepsilon = \Delta$; при потере же времени ε будет увеличиваться, при чем эта потеря времени, въ свою очередь, может уменьшаться благодаря некратности целых суток и времени хода по максимальному перегону товарного поезда.

Отсюда следует, что для уменьшения ε график пассажирских поездов должен составляться с таким расчетом, чтобы на максимальном перегоне интервалы между ними были, по возможности, кратны времени хода товарного поезда. Обычно это возможно достичь в большей или меньшей степени, если только на станцияхъ, прилегающих к максимальному перегону, нет скрещений или обгонов между собой срочных поездов; но, к сожалению, на эту деталь составления графиков очень мало обращают внимания.

Затем, нами уже было отмечено при определении данных, относящихся ко второму нашему участку, что для максимального коммерческого графика идентичность перегонов является невыгодной в смысле влияния на коэффициент скорости, так как не дает возможности делать перемещения линий хода товарных поездов с целью избежать излишних задержек их скрещениями и обгонами со срочными поездами.

Но эта возможность перемещения линий хода товарных поездов обусловливается, с другой стороны, и теми интервалами в сетке товарных поездов, которые получаются вследствие снятия $\varepsilon n'$ пар этих поездов срочными поездами, уложенными на графике. При этом здесь имеет значение не столько абсолютное количество $\varepsilon n'$ снятых поездов, сколько отношение этого числа к числу товарных

поездов полного графика, т. е. коэффициент влияния срочных поездов на график въ общем его смысле, а не в узком смысле потери пропускной способности.

Назовем этот коэффициент влияния срочных поездов через ε_0; тогда

$$\varepsilon_0 = \frac{\varepsilon n}{n_{\max}},$$

при чем для наших пяти участков $n' = const.$

Так как возможность перемещения линий хода товарных поездов, а, следовательно, и большие значения коэффициента скорости β_1 будут тем больше, чем больше относительная свобода для этих перемещений, то зависимость между β и ε_0 должна быть прямая.

Таким образом, коэффициент коммерческой скорости максимального параллельного графика является сложной функцией от двух независимых переменных i и ε_0, при чем расчленить влияние той и другой переменной непредставляется возможным, по крайней мере в абсолютных цифрах.

Однако, можно подойти к разрешению вопроса, хотя бы относительно.

Для этого предположим сперва, что коэффициент β_0 зависит только от ε_0, т. е. $\beta_0 = f\ (\varepsilon_0)$, и посмотрим, в каких пределах может изменяться эта функция в зависимости от изменения независимой переменной въ ея пределах.

Этими последними пределами будут: с одной стороны 0 — когда $n_{\max}$ настолько велико в сравненіи с $\varepsilon n'$, что возможность перемещения нескольких линий хода товарных поездов не изменяет сколько-нибудь значительно всей массы остальных, а, следовательно, основная сетка товарных поездов остается как бы нетронутой. В этом случае, значение коммерческой скорости определяется, в независимости от i, теоретической формулой (A), а, следовательно, могут быть *определены и предельные значения* β_A.

Другим пределом ε_0 может быть теоретически безконечность, или, вернее, такое состояние графика, когда будет иметься полная свобода перемещения линий хода товарных поездов для получения наибольшей возможной скорости, т. е. следованія по участку лишь с задержками на величину α для производства сношений по разрешению пути. В этом случае, как указано выше, коэффициент β_0 также не зависит от i и равен:

$$np.\ \beta_0 = \frac{T}{T + 2\alpha\ (m-1)}.$$

Таким образом, функция $\beta_0 = f\ (\varepsilon_0)$ имеет характер гиперболы, для которой ассимптотой служит линия параллельная оси ε_0 (ось x) на расстоянии от нее равном $np.\ \beta_0$, при чем точка пересечения гиперболы с осью β_0 (y) будет при значеніи $\beta_0 = \beta_A$.

Промежуточными точками этой кривой могут служить только значения β_0, определенные построениями графика для различных практически возможных зна-

чений ε_0, в том числе и определенное нами для наивыгоднейшего расположения фактического графика срочных поездов каждого участка.

Однако, определенные, таким образом, значения β_0 будут заключать в себе влияние коэффициента идентичности i, выделить которое не представляется возможным, поэтому все равно мы не сможем найти точный вид кривых $\beta_0 = f\ (\varepsilon_0)$.

Но уже этот намеченный крайними пределами вид кривой $\beta_0 = f\ (\varepsilon_0)$ дает возможность утверждать, что для достижения лучших значений коэффициента скорости β_0 надо было бы стремиться к увеличению ε_0, — тем более, что въ пределахъ практически возможного изменения ε_0, т. е. до значения

$$\varepsilon_0 = \frac{2n'}{n_{\max}}, \quad \text{так как } \max \varepsilon = 2,$$

колеблющегося для наших пяти участков в пределах от 0,376 до 0,528, мы должны иметь наиболее крутой подъем кривой.

Но, так как увеличение $\varepsilon_0 = \frac{\varepsilon n'}{n_{\max}}$ для каждого данного участка, рассчитанного на определенную пропускную способность $n_{\max}$, при наличии определенного числа срочных поездов n', может быть достигнуто лишь путем увеличения ε, — т. е. числа снимаемых с графика товарных поездов, т. е. потерей пропускной способности,—то такой прием увеличения значений коэффициента коммерческой скорости должен быть признан нерациональным по существу.

Темъ более существенным является тогда выяснение влияния на коэффициент β_0 другой независимой переменной — i. Если для этого построить в прямоугольных координатах кривую $\beta_0 = f\ (i)$,—т. е. как бы в предположении отсутствия влияния на коэффициент скорости β_0 коэффициента влияния срочных поѣздов ε_0; то полученная кривая 1—2—3—4—5 (черт. VII) имеет характер явного понижения β_0 при увеличении i.

К тому же приходим и из сравнения точек расположения этой кривой, имеющих приближающиеся друг к другу значения ε_0, т. е. как бы при постоянном ε_0. Такое сравнение особенно интересно и потому, что позволяет несколько подойти и к выяснению точного вида функции $\beta_0 = f\ (i)$.

Действительно, при постоянном ε_0, мы имеем на лицо исключительно влияние переменной i, если не считать некоторых других случайных обстоятельств вроде отмеченного нами невыгодного расположения графика срочных поездов для IV участка.

Если обратиться к рассмотрению значений ε_0 для отдельных наших участков (см. таблицу II) и брать по-парно ближайшие значения ε_0, то увидим, что $\varepsilon_0^{\mathrm{I}} = 0{,}246$ может быть принят приближающимся по величине как к $\varepsilon_0^{\mathrm{IV}} = 0{,}282$, так и к $\varepsilon_0^{\mathrm{V}} = 0{,}216$; затем, $\varepsilon_0^{\mathrm{II}} = 0{,}201$ можно приравнять к $\varepsilon_0^{\mathrm{V}} = 0{,}210$ и этот последний к $\varepsilon_0^{\mathrm{III}} = 0{,}170$. Проводя прямые, — т. е. допуская простейшую зависимость между β_0 и i по закону прямой линии, — через каждую из намечен-

ных пар точек, мы получаем неизменный наклон их вниз при увеличении i, т. е. обратную зависимость между β_0 и i. В то же время прямая, проведенная через точки 3 и 4 с предельными значениями ε_0, дает уклон обратный, что служит косвенным подтверждением правильности вывода. Кроме того, получаем симметричность расположения крайних из них, за исключением прямой 5—2, относительно прямой, проведенной с одной стороны через точку 1 наивысшего значения β_0 и центр тяжести 0 остальных 4-х точек. Поэтому мы можем принять близким к истине значение $\beta_0 = 0{,}5$ при $i = 1{,}00$; при чем к тому же значению $\beta_0 = 0{,}50$ мы приходим и при расчете β_0 по формуле (А) при условии неизменности основной сетки товарных поездов (см. значения min β_{ε_0} при $\varepsilon_0 = 0$ функции $\beta_{\varepsilon_0} = f\ (\varepsilon_0)$,) — каковое условие наиболее полно имеет место именно при полной идентичности перегонов.

Таким образом, за min β_0 при $i = 1$ мы можем принять величину 0,50.

Проводя прямые линии через точку $\beta_{i=1} = 0{,}50$ и крайние точки 3 и 5 из числа не отражающих в себе значительного влияния привходящих обстоятельств, получаем пересечение их с ординатой $i = 0{,}50$, т. е. наименьшего, практически возможного, значения коэффициента идентичности, в пределах $\beta_{i=0{,}5}$ округленно от 0,70 до 0,85.

Поэтому, с некоторой, хотя и весьма относительной, вероятностью за высший предел β_i, в зависимости от изменения коэффициента идентичности i в практически возможных для этого последнего пределах, можно принять некоторое среднее значение $\beta_0 = 0{,}75 - 0{,}80$, при чем значения коэффициента β_0 понижаются до минимального значения $\beta_0 = 0{,}50$ при $i = 1$, примерно, по закону прямой $\beta_0 = 1 - 0{,}5\ i$.

Если сравнить полученные результаты съ условиями изменения коэффициента скорости $\beta_{||}$ максимального параллельного графика, когда $\beta_{||}$ имеет тот же нисший предел $\beta_{||} = 0{,}50$, при $i = 0{,}50$ и высший предел, близкий к 0,90—0,95, то можно придти к заключению, что идентичность перегонов, вообще говоря, имеет бо́льшее значение для параллельного графика, чемъ для коммерческого, так как колебания i в пределах от 1,0 до 0,5 при параллельном графике приводят к понижению $\beta_{||}$ на $0{,}95 - 0{,}50 = 0{,}45$, или на 47%; обратное же увеличение i в пределах от 0,50 до 1,00 приводит к понижению β_0 на $0{,}80 - 0{,}50 = 0{,}30$, или на 38%.

Темъ не менее, мы в праве сделать определенный вывод, что *при максимальном коммерческом графике коэффициент коммерческой скорости* β_0 *понижается по мере увеличения коэффициента идентичности* i, а, следовательно, *для получения возможно бо́льших значений коммерческой скорости нужны неидентичные перегоны*, т. е. условие, прямо противоположное требованию параллельного графика.

При применении на практике этих взаимно исключающих друг друга выводовъ, для параллельного и коммерческого графика, приходится, конечно, решить,

какой вид движения по участку может иметь место; а если могутъ иметь место, смотря по обстоятельствам, и параллельный и коммерческий графики, то какому из них должно быть отдано предпочтение.

Поэтому, несомненно, что *для дорог стратегического значения идентичность перегонов должна проводиться в возможно полной мере*, в особенности имея в виду, что стратегические задания таких участков являются максимальными, поэтому полная идентичность перегонов будет лишь при открытии всех построенных разъѣздов; при обыкновенной же коммерческой работе и частичном открытии разъездов идентичности перегонов уже не будет, а, следовательно, не будет на лицо и наиневыгоднейшего для коммерческой скорости коммерческого графика условия.

Во всяком же случае, должно быть принято как обязательное условие, что *основные тарифные пункты, т. е. станции*, безразлично, стратегических или коммерческих линий, *должны разделяться неидентичными* перегонами и *приспособление линии к стратегическим заданиям* осуществлением идентичности перегонов *должно производиться постройкой на основных перегонах между станциями неодинакового числа разъездов*, при открытии которых получались бы идентичные перегоны.

Таблица II.

Участки.	ε	n_{max}	$\frac{n'}{n_{\max}}$	$\varepsilon_0 = \frac{\varepsilon n'}{n_m}$	i	β_0	β_A	пр $\varepsilon_0 = \frac{2n'}{n_m}$
I	1,00	18,00	0,246	0,246	0,57	0,700	0,443	0,492
II	1,07	23,60	0,188	0,201	0,79	0,540	0,535	0,376
III	0,726	18,95	0,234	0,170	0,69	0,620	0,435	0,468
IV	1,07	16,74	0,264	0,282	0,75	0,652	0,439	0,528
V	0,95	20,00	0,221	0,210	0,76	0,667	0,557	0,442

Если вновь строющаяся линия имеет коммерческое значение, то условие идентичности перегонов невыгодно; однако, идентичность перегонов обусловливает их наименьшее число, т. е. наименьшие расходы эксплоатации по содержанию остановочных пунктов; всякое же увеличение m против $m_{\min}$, хотя и приводит к неидентичности, а, следовательно, и к повышению коэффициента коммерческой скорости, но вызывает излишние эксплоатационные расходы. Несомненно, конечно, что при проектировании линии неидентичность перегонов может быть достигнута увеличением числа перегонов на два—три, не более, и это не будет простое деление каждого идентичного перегона пополам, так что увеличение эксплоатационных расходов по содержанию лишних двух—трехъ разъѣздов

с лихвой покроется выигрышем в коммерческой скорости. Поэтому вопрос не подлежал бы ни малейшему сомнению, если бы не было никакого другого способа увеличить коммерческую скорость, кроме неидентичности перегонов, т. е. увеличения m против расчетного $m_{\min}$.

Однако, такой способ есть: это придание запаса пропускной способности против расчетных требований, дабы иметь условие движения не при полном заполнении графика, когда коэффициент коммерческой скорости имеет повышенное значение.

Несомненно, что запас пропускной способности, т. е. расчет числа перегонов на $n_{\max} > n$ также приведет и к числу перегонов $m > m_{\min}$, но результаты выигрыша коммерческой скорости могут получиться другие, чем соблюдением условия неидентичности. Чтобы найти наивыгоднейшее решение, надо прежде всего знать, какой же выигрыш коммерческой скорости будем иметь в том и другом случае.

Таким образом, вопрос об изменении коэффициента коммерческой скорости в зависимости от степени заполнения пропускной способности приобретает не только чисто эксплоатационное значение, но является важным и при проектировании линии, и без его разрешения нельзя сделать окончательных выводов, какое же условие: идентичность или неидентичность, или какая степень идентичности является наиболее правильным разрешением вопроса для наивыгоднейшей коммерческой эксплоатации железных дорог.

Путь для разрешения этого вопроса следующий:

Минимальное число перегонов $m_{\min}$ для осуществления задания общей пропускной способности на n товарных поездов определится из зависимости:

$$m_{\min}\, t^0{}_{\max} = \frac{2L}{V_0}$$

подставляя туда значение времени хода по труднейшему перегону из выражения:

$$t^0{}_{\max} + 2\alpha = \frac{24}{n}$$

имеемъ окончательно

$$m_{\min} = \frac{2L}{V_0\left(\frac{24}{n} - 2\alpha\right)} = \frac{2Ln}{V_0\,(24 - 2\alpha n)}.$$

Если имеется в виду линия стратегического значения, то это и будет решением вопроса, так как мы указали выше что для максимального параллельного графика нужна полная идентичность, а, следовательно, число перегонов, равное $m_{\min}$.

Если же проектируемая линия коммерческого значения, или идет вопрос о размещении основных остановочных пунктов—тарифных станций—стратегической линии, в предположении, что при открытии только этих пунктов, т. е. при не-

полном использовании возможной пропускной способности, будет производиться коммерческая работа,—то задание должно выражаться не общим числом n товарных (воинских) поѣздов параллельного графика, а определенным числом $n_{тов}$ товарных поѣздов и определенным же числом n' срочных поездов.

Более того, в виду того, что самое расположение срочных поездов на графике может значительно отразиться на потере пропускной способности и еще более на коэффициенте коммерческой скорости, — забота о наивысшем значении которого и должна быть положена в основу всех трудов проектирующего размещение остановочных пунктов линии,—необходимо хотя бы примерное составление графика заданных n' срочных поѣздов. Это возможно сделать и для проектируемой еще линии, так как всякая новая линия примыкает к старым, с уже установившимся графиком срочных поездов, и свои расписания этих поездов должна согласовывать с этим графиком

Это построение графика определит практически коэффициент ε а, следовательно, и общее теоретическое задание $n = n_{тов} + \varepsilon n'$ товарных поѣздов проектируемой линии коммерческого значения.

Здесь нужно, конечно, оговориться, что построение графика может быть произведено лишь тогда, когда намечены перегоны,—т. е. когда задана уже известная пропускная способность, — между тем, как мы ее собираемся определять из выражения $n = n_{тов} + \varepsilon n'$—т. е. после выяснения коэффициента ε. Поэтому здесь неизбежен путь постепенного подхода к достаточно точному решению, т. е. сперва придется задаться некоторым средним значением ε для однопутных линий (для наших пяти участков это среднее значение равно 0,96, т. е. округленно $\varepsilon = 1$); определить отсюда $n = n_{тов} + \varepsilon n'$; по этому заданию найти максимальный перегон, определить его положение на участке и, таким образом, построить график движения хотя бы одного этого максимального перегона. Это даст возможность, в свою очередь, точно определить ε, а отсюда и n, для сравнения с n_0, которым задались в начале; и в зависимости от этого сравнения — или уменьшить, или увеличить максимальный перегон и подойти к точному соответствию n_0 с заданием $n = n_{тов} + \varepsilon n'$.

Минимальное число перегонов $m_{\min}$, соответствующее полной идентичности перегонов $i = 1$ определится, как сказано, из:

$$m_{\min} = \frac{2Ln}{V_0\,(24 - 2\alpha n)} .$$

Но так как идентичность для коэффициента коммерческой скорости коммерческого графика невыгодна, то необходимо спроектировать $m = m_{\min} + m'$ перегонов и посмотреть, какое изменение коэффиціента $\beta_{m_{\min}}$ скорости может произойти из этого увеличения числа перегонов и уменьшения, благодаря этому, коэффициента идентичности.

Самый точный путь решения этого вопроса—опять-таки построение графика для m перегонов на участке при наличии n' срочных поездов и определение из его построения коэффициента $\beta_{m_{\min}+m'}$ при полномъ заполнении.

Этот коэффициент изменится несомненно в сторону увеличения, так как, как сказано было выше, примерное выражение изменения коэффициента скорости коммерческого графика при полном его заполнении в зависимости от коэффициента идентичности будет

$$\beta_0 = 1 - 0{,}50\, i$$

А так как коэффициент i может быть выражен в функции от числа дополнительных перегонов m':

$$i = \frac{\left(\frac{2L}{V_0} - t^0{}_m\right) : (m-1) + 2\alpha}{t^0{}_m + 2\alpha} = \frac{\frac{2L}{V_0} - t^0{}_m + 2\alpha\ (m_m + m' - 1)}{(m_m + m' - 1)\ (t^0{}_m + 2\alpha)} =$$

$$= \frac{\left[\frac{2L}{V_0} - (t^0{}_m + 2\alpha) + 2\alpha\ (m_m + m')\right] n}{24\,(m_m + m' - 1)} = \frac{\frac{L}{V_0}\ n - 12 + \alpha n\ (m_m + m')}{12\ (m_m + m' - 1)} = f(m')$$

и, следовательно, окончательно:

$$\beta_0 = 1 - \frac{\frac{L}{V_0}\ n - 12 + \alpha n\ (m_m + m')}{12\ (m_m + m' - 1)} = \frac{(m + m')\ (12 - \alpha n) - \frac{Ln}{V_0} + 12\,(n-1)}{12\ (m + m' - 1)} \quad \dots\dots (a)$$

то по этой формуле может быть сделано предварительное, до точного определения построениемъ графика (что представляет, вообще, довольно кропотливую работу), определение увеличения β_0 в предположении m' излишних перегонов.

Однако, следует оговориться, что, задаваясь увеличением коэффициента скорости путем увеличения числа перегонов, нужно стремиться найти наилучшую комбинацию ихъ взаимного расположения и размеров опять-таки в зависимости от графика срочных поездов,—поэтому непосредственное построение графика должно быть обязательным, и при том для различных комбинаций расположения $m + m'$ перегонов.

Но мы отметили возможность другого решения вопроса об увеличении коэффициента скорости—именно не уменьшением коэффициента идентичности путем увеличения числа перегонов, а сохранением полной идентичности при этом увеличении их числа, т. е. увеличением пропускной способности $n = n_{тов} + \varepsilon n'$ до величины $n_{\max}$ и осуществлением заданной работы $n_{тов}$ товарных и n' срочных поездов в условиях неполного заполнения графика при его коэффициенте $\gamma = \frac{n}{n_{\max}}$.

Здесь $\gamma = \frac{n}{n_{\max}}$ может быть также выражен в функции от числа дополнительных перегонов m':

Действительно,

$$n_{\max} = \frac{24}{t^0_m + 2\alpha} = \frac{24}{\frac{2L}{(m_m + m')V_0} + 2\alpha} = \frac{12\ V_0\,(m_m + m')}{L + \alpha V_0\,(m_m + m')}$$

$$\text{и } \gamma = \frac{n}{n_{\max}} = \frac{\frac{Ln}{V_0} + \alpha n\,(m_m + m')}{12\ (m_m + m')} = \varphi\ (m') \quad . \ . \ . \ . \ . \ . \ (b)$$

Чтобы найти выражение коэффициента скорости β_γ, который мы будем иметь в данном случае неполного заполнения графика при коэффициенте заполнения γ, необходимо знать зависимость между β_γ и γ.

Как увидим ниже, эта зависимость выражается уравнением гиперболы вида

$$\gamma = \frac{a + b\,\beta_\gamma + c\,\beta_\gamma^2}{1 - \beta_\gamma} \quad \text{или} \quad \beta_\gamma = \frac{-(b+\gamma) \pm \sqrt{(b+\gamma)^2 - 4\ (a-\gamma)c}}{2c}$$

откуда, с подстановкой γ из формулы (b) может быть определена и искомая зависимость коэффициента скорости при m' излишних перегонах, но при условии сохранения им идентичности.

В зависимости же от того, будем ли иметь

$$\beta_0 > \beta_\gamma \ \text{ или } \ \beta_\gamma > \beta_0$$

разрешится и вопрос о том, выгоднее ли, увеличивая число перегонов на m' против минимального $m_{\min}$, соответствующего условию идентичности перегонов при задании перевозок в $n = n_{тов} + \varepsilon n'$ поездов:

1) оставаться при прежней максимальной пропускной способности в n поездов, но уменьшить коэффициент идентичности перегонов, т. е. принять $i < 1$, или 2) сохранив условие полной идентичности $i = 1$, увеличить пропускную способность участка до $n_{\max}$ поездов и привести к условию движения при неполном заполнении графика, т. е. $\gamma = \frac{n}{n_{\max}} < 1$.

Иллюстрируем эти соображения примерами рассматриваемых нами участков.

Для всех них мы имем на лицо условие неидентичности перегонов, а, следовательно, без определения по формуле (a), а из непосредственного построения максимального коммерческого графика имеем значения коэффициента скорости β_0 (табл. II) при фактическом взаимном расположении и размерах $m_m + m'$ перегонов. При этом следует заметить, что это фактическое расположение перегонов может не быть самым выгодным в смысле возможности увеличения β_0, почему фактические для этих участков значения этого коэффициента нельзя считать максимальными значениями, т. е.

$$\beta_0 \leqq \max\ \beta_0.$$

Следовательно, нам нужно для наших участков произвести вычисления второго порядка—т. е. определить степень заполнения γ и коэффициент ско-

рости β_γ в зависимости от этой степени заполнения в предположении, что мы перепроектируем остановочные пункты участков при условии m фактического числа перегонов, но соблюдении их полной идентичности.

Как увидим ниже в главе III, для точного определения коэффициентов уравнения гиперболы $\beta_\gamma = f(\gamma)$ нужно иметь значение коэффициента скорости β_0 для полного заполнения графика; поэтому представляется необходимым, перепроектировав m неидентичных перегонов каждого участка в идентичные, построить максимальный график $n_{\max} = n^0{}_{тов} + \varepsilon n'$ поездов и определить этим точным путем β_0.

Но мы применим упрощенный прием, пользуясь предложенной выше зависимостью между коэффициентом скорости β_0 и коэффициентом идентичности: $\beta_0 = 1 - 0{,}5i$, откуда следует, что при полной идентичности: $\beta_0 = 0{,}5$.

Для большей же достоверности имеющих получиться результатов возьмем только те из наших 5-ти участков, которые дают значение β_0 наиболее приближающиеся к этой зависимости между β_0 и i,—т. е. участки I, IV и V.

Итак, необходимо для этих трех участков построить кривые $\beta_\gamma = f(\gamma)$ при условии, что $\beta_0 = 0{,}5$. Имеем из формулы (C) (стр. 25), что

$$\beta_0 = \frac{2L\,(n - \varepsilon n') : V_0}{(\Sigma T + \Sigma K) + (B_0 + C_0\gamma)}$$

$$\text{где } \Sigma T + \Sigma K = \frac{2L\,(n_{\max} - \varepsilon n')}{V_k} = \frac{2L\,(n_{\max} - \varepsilon n')}{0{,}5\ V_0},$$

ибо в данном случае $V_k = 0{,}5\,V_0$

$$\text{и } B_0 + C_0\gamma = \Sigma K_0 = 48\,(n_{\max} - \varepsilon n')\left[\frac{n'}{n_{\max}}\,(\varepsilon - \Delta) - 1\right] + 48\,(n_{\max} - \varepsilon n')\gamma,$$

при чем в данном случае $n_{\max}$ определяется из:

$$n_{\max} = \frac{12\,V_0\,(m_{\min} + m')}{L + \alpha\,V_0\,(m_{\min} + m')} = \frac{12\ V_0 m}{L + \alpha V_0 m}$$

Производя эти вычисления для 3-х намеченных участков, имеем:

I участокъ.

$$n_{\max} = \frac{12 m V_0}{l + \alpha V_0 m} = 27{,}57 \quad \gamma_0 = 0{,}834$$

$$\beta_0 = \frac{239{,}3}{-555{,}7 + 1110{,}78\gamma} = \frac{0{,}215}{-0{,}5 + \gamma}$$

$$\text{или } \gamma = \frac{0{,}215 + 0{,}5\beta_0}{\beta_0} \qquad tg\beta = -0{,}86.$$

Откуда из трех уравнений, служащих для определения коэффициентов уравнения гиперболы $\beta_\gamma = f(\gamma)$ (см. ниже стр. 60), получаем:

$$\gamma = \frac{1{,}35 - 2{,}179\beta + 0{,}819\beta^2}{1 - \beta}.$$

Отсюда определяем β_γ при $\gamma = \frac{n}{n_{\max}} = 0,653$:

$$\beta_\gamma = 0,802$$

в то время как β_0 в условиях неидентичности

$$\beta_0 = 0,700.$$

Таким образом, для первого участка выгоднее было бы спроектировать $m = 14$ перегонов идентичными и иметь движение при $\gamma = 0,653$.

IV участокъ.

$$n_{\max} = \frac{12mV_0}{L + \alpha V_0 m} = 20,69 \quad \gamma_0 = 0,809$$

$$\beta_0 = \frac{163,96}{-375 + 765\gamma} = \frac{0,214}{-0,490 + \gamma} \qquad \gamma = \frac{0,214 + 0,49\beta_0}{\beta_0}$$

$$tg\beta = -0,859$$

$$\gamma = \frac{1,332 - 2,147\beta_\gamma + 0,801\beta_\gamma^2}{1 - \beta_\gamma} = 0,809$$

отсюда $\beta_\gamma = 0,623$, в то время как $\beta_0 = 0,652$. Т. е. для этого участка коэффициенты незначительно разнятся друг от друга, но все же условие неидентичности выгоднее.

V участокъ.

$$n_{\max} = 23,992 \quad \gamma_0 = 0,834$$

$$\beta_0 = \frac{223,25}{-448,6 + 949,6\gamma} = \frac{0,235}{-0,472 + \gamma} \qquad \gamma = \frac{0,235 + 472\beta_0}{\beta_0}$$

$$tg\beta = -0,94$$

$$\gamma = \frac{1,38 - 2,29\beta_\gamma + 0,903\beta_\gamma^2}{1 - \beta_\gamma} = 0,834, \text{ откуда } \beta_\gamma = 0,592$$

Имеем $\beta_0 = 0,667 > \beta_\gamma = 0,592$, т. е. и в этом случае неидентичность перегонов выгоднее, и при том значительно, чем неполное заполнение графика при полной идентичности.

Чтобы уяснить эти выводы, составим табличку:

Участки.	i	β_0	$\beta_\gamma^{ид}$	γ	$m_{\min}$	m	m'	% увеличения числа перегонов.	n	$n_{\max}$	% разницы между β_γ и β_0
I	0,57	0,700	0,802	0,653	8,16	14	5	71%	18	27,57	+ 14,6
IV	0,75	0,652	0,623	0,809	7,52	10	2	33%	16,74	20,69	— 4,4
V	0,76	0,667	0,592	0,834	9,98	13	3	30%	20	23,99	— 11,3

Из нее мы видим, что при значительном процентном увеличении числа перегонов (I уч.) при проектировании их идентичными, получаем незначительную степень заполнения $\gamma = 0{,}653$, а потому повышенный коэффициент $\beta_\gamma = 0{,}802$ и вследствие этого выгодность идентичности в сравнении с неидентичностью; при меньшем $^0/_0$ увеличения перегонов и повышении вследствие этого коэффициента заполнения—обратный результат выгодности неидентичности перегонов в сравнении с неполным заполнением при идентичности.

Из этих цифр намечается, что переход от выгодности неидентичности и полного заполнения графика к выгодности идентичности и неполного его насыщения совершается при значениях $^0/_0$ увеличения числа перегонов $\frac{(m - m_{\min})\,100}{m_{\min}}$ примерно равных $40^0/_0$, и коэффициента заполнения идентичного графика примерно равных 0,80. Последняя цифра находит себе подтверждение в том обстоятельстве, что при значениях $\gamma = 0{,}80 - 0{,}75$ находится вершина гиперболы изменения $\beta_\gamma = f(\gamma)$, почему при увеличении γ свыше $\gamma = 0{,}80$ имеет место резкое падение коэффициента скорости, почему степени заполнения графика $\gamma > 0{,}80$ являются вообще невыгодными, и эта невыгодность оказывает свое влияние и в данном случае.

Все сказанное, однако, относится здесь к размерам движения, строго соответствующим заданию $n = n_{тов.} + \varepsilon n'$ поездов, когда имеем в условиях неидентичности перегонов полное заполнение графика.

Если же фактическое число товарных поездов $n_{ф.}$ будет меньше расчетного $n_{тов.}$, а потому и при условии неидентичности перегонов будет неполное заполнение графика $\gamma < 1$, а при условии идентичности степень заполнения γ' меньшая расчетной γ, то в том и другом случае будет иметь место повышение коэффициента скорости. При этом для условия неидентичности перегонов это повышение коэффициента будет имет место при изменении γ, начиная от $\gamma = 1$ в сторону уменьшения, т. е., во всяком случае, в пределах наиболее резкого увеличения коэффициента β_γ (от значений $\gamma = 1$ до вершины гиперболы при $\gamma = 0{,}75 - 0{,}80$); между тем, для условия полной идентичности и неполного уже заполнения графика это увеличение коэффициента β будет менее резким, так как будет происходить уже в средней части гиперболы.

Отсюда следует, что в предположении возможного сокращения размеров движения в сравнении с заданиями,—граница выгодности неидентичности перегонов в сравнении с их идентичностью должна быть отодвинута в направлении большего $^0/_0$ увеличения числа перегонов по крайней мере до $50^0/_0$ вместо $40^0/_0$,—что вообще может быть признано логическим пределом увеличения числа перегонов против минимального.

Отсюда следует придти к окончательному выводу, что в *пределах практически возможного увеличения числа перегонов против их минимального количества для коммерческого графика в смысле повышения значений коэффициента коммерческой скорости является безусловно выгодной неидентичность перегонов,* при чем *комбинация их взаимнаго расположения* и размеров должна быть выбрана *наивыгоднейшая в отношении графика срочных поездов* участка.

Вывод этот полностью относится также и к условиям эксплоатации уже построенных линий, где распорядитель движения должен в зависимости от графика срочных поездов выбирать к открытию те дополнительные разъезды, которые не только дают требуемую пропускную способность при наименьшем числе остановочных пунктов, но и приводят к выгодной в отношении коммерческой скорости неидентичности перегонов. При этом расчетная пропускная способность должна быть увеличена на $20-25^0/_0$ против задания перевозок не только на случай замешательств в движении, но, как увидим ниже, и потому, что степень заполнения графика $\gamma = 0{,}75 - 0{,}80$ является для большинства участков наивыгоднейшим решением в смысле, с одной стороны, наименьших расходов по содержанию остановочных пунктов, а с другой—получения возможно более высоких значений коэффициента скорости.

III Зависимость коэффициента коммерческой скорости от степени заполнения графика.

Переходя к выяснению точного вида кривой $\beta_\gamma = f(\gamma)$ зависимости коэффициента коммерческой скорости от коэффициента заполнения графика при условии его неполного насыщения, т. е. $\gamma < 1$, мы должны еще раз отметить, что здесь, кроме трех определяемых теоретически условий, которым должна удовлетворять кривая, не остается места ни для каких теоретических выкладок. Комбинации задержек взаимными скрещениями, а равно пропусками срочных поездов при неполном заполнении графика настолько неопределенны и разнообразны, что вывести какия-либо умозаключения таким путем совершенно невозможно; и только статистические данные, и притом средние из многих наблюдений, в которых сглаживались бы отдельные случайные ненормальности работы, могут дать руководящие указания для решения вопроса. Но приходится заранее отметить, что даже самая точная и полная статистика соотношений фактической коммерческой скорости и фактического заполнения графика,—так как другой статистики мы не имеем, — дать нам исчерпывающих данных и абсолютных цифр все равно не сможет, так как в этой статистике прежде всего заключены все дефекты, все недостатки работы и ея цифры могут дать лишь значения предельных достижений в работе данного круга лиц в данном месте и времени.

Это обстоятельство, однако, только подчеркивает важность хотя бы тех немногих теоретических данных, которые положены нами в основу для определения вида кривой $\beta_\gamma = f(\gamma)$, так как только эти данные представляют из себя нечто абсолютное, хотя бы и не в смысле фактической возможности осуществления их, а только как некоего предела совершенства работы. Связью между этим абсолютным, но, быть может, недостижимым пределом и фактическим положением дела может быть только коэффициент *качества* работы — переменный множитель, меньший единицы, только умножением на который абсолютного предела мы можем получить значение коэффициента скорости, отвечающее действительности или, вернее, возможное в условиях фактической работы.

Введя понятие коэффициента качества работы, мы можем изучить условия его изменения и подойти к разрешению вопроса об его нормальном значении,

т. е. устранить и самую его переменность, а тогда для каждого данного случая, для определенных условий работы или ее заданий, мы будем иметь возможность определить вполне точное значение коэффициента ли скорости, или иного какого элемента работы.

Вообще мы должны отметить нашу основную точку зрения, что многие, если не все, вопросы эксплоатации подлежат именно такому общему методу исследования, а отдельные элементы работы—такому методу определения их нормальных значений: сперва изучение и определение абсолютных предельных значений, а затем установление нормального коэффициента качества работы.

В данном вопросе определения действительного вида интересующей нас кривой $\beta_\gamma = f(\gamma)$ на основании статистических данных мы старались, насколько могли, освободить наши цифры от влияния привходящих условий работы, чтобы получить возможно правильное выражение соотношения скорости и переменных элементов работы участков.

Обычная железнодорожная статистика может дать здесь лишь средние по тем или другим периодам времени цифры коммерческих скоростей V_k и числа поездов, проследовавших по участку в сутки n. Первое приспособление этих цифр для нашей цели было исчисление коэффициентов коммерческой скорости β_γ, т. е. отношения $^{Vk}/_{V_0}$, и степени заполнения графика γ, т. е. отношения $^{n}/_{n_{\max}}$. Но, определяя эти коэффициенты, мы взяли фактические значения ходовой скорости V_0 и пропускной способности $n_{\max}$, получающиеся из средних фактических поперегонных времен хода поездов, а не официальные расчетные их значения, так как в последнем случае мы ввели бы в наши цифры влияние такого крупного приходящего к данному вопросу фактора, как опоздания поездов в пути. Несомненно, что назвать этот фактор привходящим можно только с той точки зрения, что для нашей цели определения чистой предельной зависимости между β и γ всякое ухудшение работы, всякий хотя бы и частичный коэффициент ея качества будет служить препятствием определения правильного вида кривой $\beta_\gamma = f(\gamma)$. Мы постарались здесь, насколько возможно, стать как бы в условия лабораторных опытов—хотя и в обратном смысле: не освобождения опыта от влияния привходящих условий, так как заставить поезда ходить точно по расписанию мы не имели возможности, и, следовательно, не могли и получить цифр коммерческой скорости V_k, соответствующих точно расчетным значениям ходовой V_0, а введя это привходящее обстоятельство в определяемый теоретический предел взаимоотношений β_γ и γ.

Мы могли, конечно, применить такой прием, имея в виду из рассмотрения полученных данных для различных участков, вывести *общее заключение о характере* кривой $\beta_\gamma = f(\gamma)$ и дать ее аналитическое выражение в зависимости от тех или иных условий графика, но отнюдь не для определения кривой *данного участка* данной дороги, когда, несомненно, должна быть принята расчетная ходо-

вая скорость, так как только тогда фактические цифры покажут отклонение действительной работы, в общем ее объеме, от предельных ее значений.

Следуя этому приему, мы должны были бы, конечно, при определении $n_{max} = \frac{24}{t_{0max} + 2\alpha}$ принять во внимание и фактические, а не расчетные значения интервала α между прибытием и отправлением на тот же перегон поездов. Но, во-первых, в тех случаях, когда стоянки поездов на станциях обусловливались не только сношениями по получению пути, а и станционной работой с поездом, мы никоим образом не могли бы из отчетных данных определить, какое же время было фактически затрачено именно на получение пути; а во-вторых—даже и при отсутствии работы с поездом, эти подсчеты потребовали бы чрезмерно большой работы, которую мы были бы лишены возможности произвести, так как и подсчеты фактических поперегонных времен хода товарных поездов на основании графиков исполненного движения для значительного периода времени представляли весьма большую работу, чем и объясняется сравнительная бедность статистического материала, на основании которого мы делаем попытку подойти к определению точного вида кривой $\beta_\gamma = f(\gamma)$ *).

Поэтому наши цифровые данные являются неосвобожденными от влияния частичного коэффициента качества работы—именно качества работы агентов службы движения по приему и пропуску поездов. В то же время для вычисления n_{max} и для всех расчетов, служащих к определению трех теоретических данностей, характеризующих кривую $\beta_\gamma = f(\gamma)$, нами взято предельное минимальное значение α, возможное для движения по жезлам, равное 2 мин. $= 0{,}033$ часа, и представляющее среднюю величину задержки поезда между 0 (пропуск на проход) и 4-мя минутами задержки при пропуске жезла через аппарат. Таким образом, мы имеем с одной стороны — предельное верхнее положение кривой $\beta_\gamma = f(\gamma)$ и пониженные фактические цифры коэффициента заполнения γ_ϕ.

Но помимо этого, мы должны обратить внимание на отражение в наших фактических данных, помимо качества работы, и других, кроме степени заполнения, так сказать, материальных или технических обстоятельств этой работы, т. е. размера работы поездов на промежуточных станциях с вагонами. В главе I мы наметили возможность расчленения влияния на коэффициент скорости того и другого фактора, вернее, разграничения границ их влияния; но эта граница, выраженная числом вагонов

$$N_m = \frac{\Sigma \gamma t}{k} = \frac{\xi(\beta_\gamma)}{k}$$

или степенью заполнения графика

$$\gamma_m = \chi(\beta_N)$$

*) Такие подсчеты сделаны нами для 12-ти десятидневных периодов для каждого участка, а затем, на основании этих данных, введены поправки въ отчетные месячные цифры за два года.

сама является переменной величиной, зависящей от коэффициента скорости; поэтому, в конце концов, такое разграничение является возможным лишь после определения точного вида функций

$$\beta_\gamma = f(\gamma) \text{ и } \beta_N = \psi(N)$$

а, следовательно, при определении вида кривой $\beta_\gamma = f(\gamma)$ на основании статистических данных мы должны только помнить, что каждая из отчетных цифр *может* отражать и влияние работы с вагонами в зависимости от размеров этой работы.

Но, как увидим в главе IV, для первых четырех участков работа с вагонами так невелика, что имеется всегда условие $N < N_m$, почему отчетные цифры коэффициента скорости для этих участков отражают в себе исключительно влияние коэффициента заполнения и коэффициента качества работы.

Чтобы, по возможности, отбросить влияние последнего и получить в наиболее чистом виде фактическое выражение зависимости $\beta_\gamma = f(\gamma)$, можно, конечно, *приняв во внимание только высшие* из достигнутых *фактических значений коэффициента скорости*, попытаться определить характеръ этой верхней обертывающей кривой, или даже дать аналитическое ее выражение, а затем этотъ же характер, или это же выражение применить и к нахождению кривой $\beta_\gamma = f(\gamma)$, обусловленной определенными нами в главе II теоретическими данностями. Но, как увидим ниже, явится возможность итти обратным путем — сравнения фактических значений коэффициента β_γ с теоретически определенными значеніями β как $f(\gamma)$.

Наносим прежде всего на прямоугольные координаты для каждого участка (чертежи I — V) на основании исчисленных выше значений $\beta_{\gamma_0} = 1$, т. е. значений коэффициента коммерческой скорости максимального коммерческого графика ($\gamma_0 = 1$), и, соответствующихъ $\gamma_0 = 1$ значений коэффициента заполненія графика γ (см. таблицу III) при оценке влияния срочного поезда коэффициентом Δ — (так как мы перешли уже к рассмотрению неполного заполнения пропускной способности), т. е.

$$\gamma = 1 - \frac{n'}{n}(\varepsilon - \Delta),$$

точки перехода кривых $\beta_\gamma = f(\gamma)$ в кривые

$$\beta_0 = \frac{2L\,(n - \varepsilon n') : V_0}{(\Sigma T + \Sigma K) + B_0 + C_0\gamma} = \frac{a}{b + c\gamma} = f_0\,(\gamma)$$

изменения коэффициента коммерческой скорости коммерческого графика при его перенасыщении, т. е. при условии:

$$\gamma_0 = \gamma + \frac{n'}{n}(\varepsilon - \Delta) \geq 1 \text{ или } \gamma \geq 1 - \frac{n'}{n}(\varepsilon - \Delta).$$

Кроме того, вычерчиваем общие для кривых $\beta_\gamma = f(\gamma)$ и $\beta_0 = f_0(\gamma)$ касательные въ этих точках, на основании исчисленных (см. таблицу III) $tg\alpha$ — углов, образуемыхъ ими с осью γ, опредѣляющие направление кривой $\beta_\gamma = f(\gamma)$ от точки перехода ее изъ кривой $\beta_0 = f_0(\gamma)$ к высшему ее пределу при минимальных значенияхъ γ.

Таблица III.

Участки.	β_0	$\frac{n'}{n_{max}}$	ξ	Δ	$\gamma_{\gamma_0} = 1$	$tg\alpha$	γ_{min}	β_{min}
I	0,700	0,246	1,00	0,64	0,912	— 2,28	0,302	0,969
II	0,540	0,188	1,07	0,64	0,919	— 1,31	0,243	0,970
III	0,620	0,234	0,726	0,58	0,966	— 1,75	0,223	0,967
IV	0,652	0,264	1,07	0,64	0,887	— 2,24	0,343	0,957
V	0,667	0,221	0,95	0,64	0,932	— 1,89	0,260	0,969

Уясним себе несколько подробнее значение этого высшего предела β_γ при $\gamma = 0$. Если допустить, как мы предполагали в главе I, что в этом случае $\beta_\gamma = 1$, то, так как $\beta_\gamma = \frac{V_k}{V_0}$, имеем $V_k = V_0$; в то же время, так как $\gamma = \frac{n}{n_{max}} = 0$ то $n = 0$. Таким образом, высшее значение коммерческой скорости будет равно ходовой только при отсутствии поездов; при всяком же $n > 0$, т. е. хотя бы при одном товарном поезде $V_k < V_0$.

Но так как вообще при определении теоретических данностей, характеризующих кривую $\beta_\gamma = f(\gamma)$, мы стали на путь практического нахождения их числовых значений, для чего определяли $\beta_{\gamma_0 = 1}$ путемъ непосредственного построения графика, а не расчета по формулам, то и для выяснения верхнего предела β_γ мы должны сойти с чисто теоретических предположений о значении β_γ при $\gamma = 0$,—так как такого положения в действительности и быть не может,—а рѣшить, каково же может быть предельное значение β_γ при наименьшем практически возможном значении γ, т. е. при одном товарном поезде.

Так как вопрос об изменении коэффициента коммерческой скорости товарного движения мы рассматриваем для каждого участка при определенномъ числе n' срочныхъ поездов, то даже и при наличии одного товарного поезда степень заполнения графика γ будет равна

$$\gamma_{min} = \frac{1 + \varepsilon n'}{n_{max}},$$

при чем значения γ_{min} для наших случаев колеблются в пределах от 0,223 до 0,343 (см. таблицу III).

Так как при самом определении величины α — интервала между прибытием с перегона и отправлением на него поезда—мы принимали его средним между пропуском на проход, т. е. $\alpha = 0$, и $\alpha = 4$ м., когда жезл проводится через аппарат, то и здесь мы должны признать возможным пропуск единственного поезда на проход по всем станциям — за исключением одной, двух, где ему придется скреститься со срочными поездами; а так как, с другой стороны, мы ищем положение кривой $\beta_\gamma = f\ (\gamma)$, как определяющее наивысшие пределы возможных значений коммерческой скорости, то такой пропуск поезда без всякой задержки мы должны признать и обязательным.

Но все таки, с другой стороны, если мы хотим связать эти предельные значения с действительностью, хотя бы путем введения качественного коэффициента, то мы не должны упускать из виду, что такого безостановочного следования поезда по всему участку не может быть по другим техническим причинам: необходимости набора воды и топлива и осмотра поезда. При более или менее насыщенном графике эти технические потребности, конечно, не только могут, но и должны удовлетворяться во время стоянок, вызванных взаимными скрещениями поездов,—поэтому мы и не прибавляли их ко времени хода поезда по участку. Въ этом же случае прохождения по участку без всяких задержек пренебречь этими остановками, оставить их без рассмотрения нельзя. Но, с другой стороны, если допустить следование на проход по всему участку, то нельзя пренебречь и сбережениемъ времени, затрачивавшегося при остановках на замедление и разгон, которое на каждый остановочный пункт составит не менее 4-х минут.

Итак, при $(m-1)$ остановочных пунктах и необходимости двух остановок для технических надобностей и примерно двух остановок для скрещения с 4,43 срочными поездами, мы получим сбережение времени равное $4 \times (m-5)$ минут; в то же время две дополнительные задержки на технические надобности составят, примерно, время около 30 мин.; и, таким образом, в данном случае следования по участку только одного товарного поезда мы можем определять время его следования по общей формуле:

$$T = \frac{L}{V_0} + \alpha\,(m-1) - 2\alpha\,(m-5) + 0{,}5 = \frac{L}{V_0} + \alpha\,(9-m) + 0{,}5,$$

а, следовательно,

$$\beta_{\gamma_{\min}} = \frac{L}{L + V_0\,[\alpha\,(9-m) + 0{,}5]}$$

Величина $\beta_{\gamma_{\min}}$ для наших случаев колеблется в пределах от 0,957 до 0,970 (см. таблицу III).

Таким образом, практическими пределами верхних значений искомой кривой $\beta_\gamma = f\,(\gamma)$ будут являться для данных пяти участков, в зависимости от минимальных значений $\gamma_{\min} = \frac{1+\varepsilon n'}{n_{\max}}$, значения $\beta_{\gamma_{\min}} < 1$, а не $\beta_\gamma = 1$ при $\gamma = 0$. Передвижение предела изменения γ к значению $\gamma = 0$ могло бы иметь место лишь при уменьшении n', т. е. уменьшении числа пассажирских поездов. Но

если бы даже имели $n' = 0$, то γ_{min} все равно было бы некоторой конечной величиной $\gamma_{min} = \frac{1}{n_{max}}$, а, въ то же время, время следования по участку сократилось бы въ сравнении с нашим изложенным выше расчетом всего на 2α, что дало бы весьма незначительное увеличение коэффициента скорости β.

Таким образом, намечается, что искомая нами кривая $\beta_\gamma = f(\gamma)$ имеет характер гиперболы, ассимптотой которой является линия, параллельная оси γ на расстоянии, равном единице, переходящей в точке $\beta_{\gamma_0 = 1}$ в обратную гиперболу $\beta_0 = f_0(\gamma)$ с ассимптотой по оси γ.

Этот вывод несколько расходится с нашим более априорным предположением о характере кривой $\beta_\gamma = f(\gamma)$, сделанном в главе I, когда мы допускали возможность $\gamma = 0$ при соответственном значении $\beta_\gamma = 1$, но ничуть не отражается на общей программе исследования вопроса, намеченной въ этой главе.

Определим теперь общий вид, а затем и точное числовое выражение уравнений намеченных нами гипербол изменения коэффициента β_γ для всех пяти участков.

Из общего вида уравнения гиперболы, отнесенной къ ея ассимптотам x, y

$$xy = p^2$$

путем последовательного перехода:

1) сперво к прямоугольной системе координат, из которых одна ось является ассимптотой x, а другая исходит из точки пересечения ассимптот o.

2) затем к прямоугольной же системе, но с отнесением оси oy_1 на расстояние b от точки пересечения ассимптот, получаем общий вид уравнения гиперболы

$$x_2 = \frac{a + by_2 + cy_2^2}{y_2}$$

где $c = tg\alpha$.

При $c = o$, т. е. когда имеем прямоугольные ассимптоты,

$$x_2 = \frac{a + by_2}{y_2} \quad \text{или} \quad y_2 = \frac{a}{-b + x_2}$$

т. е. гипербола изменения β_0 при перенасыщении графика ($\gamma_0 > 1$) имеет прямоугольные ассимптоты.

3) Переходя далее к обратной системе прямоугольных же координат o_3x_3 и o_3y_3 взаимно параллельных прежней системе осей, но расположенных соответственно на расстояниях друг от друга: для оси x: $o_3o_3^x = 1$, и для оси y: $o_3o_3^y = \lambda$, имеем из предыдущего общего вида уравнения

$$x_2 = \frac{a + by_2 + cy_2^2}{y_2}$$

$$\lambda - x_3 = \frac{a + b\,(1 - y_3) + c\,(1 - y_3)^2}{1 - y_3}, \text{ откуда}$$

$$x_3 = \frac{A + By_3 + Cy_3^2}{1 - y_3} \quad \text{или} \quad \gamma = \frac{A + B\beta_\gamma + C\beta_\gamma^2}{1 - \beta_\gamma}.$$

В этом уравнении имеется всего три коэффициента, для определения которых имеем три теоретических данности, характеризующих гиперболу $\beta_\gamma = f\ (\gamma)$, именно: 1) условие общности касательной с кривой $\beta_0 = f_0\ (\gamma)$ в точке $\beta_\gamma = 1 - \frac{n'}{n}\ (\varepsilon - \Delta)$; 2) точку ея $\beta = \beta_\gamma = 1 - \frac{n'}{n}\ (\varepsilon - \Delta)$ и $\gamma = 1 - \frac{n'}{n}\ (\varepsilon - \Delta)$ и 3) точку

$$\beta_{\gamma_{\min}} = \frac{L}{L + V_0\,[\alpha\ (9 - m) + 0{,}5]} \qquad \gamma_{\min} = \frac{1 + \varepsilon n'}{n_{\max}}$$

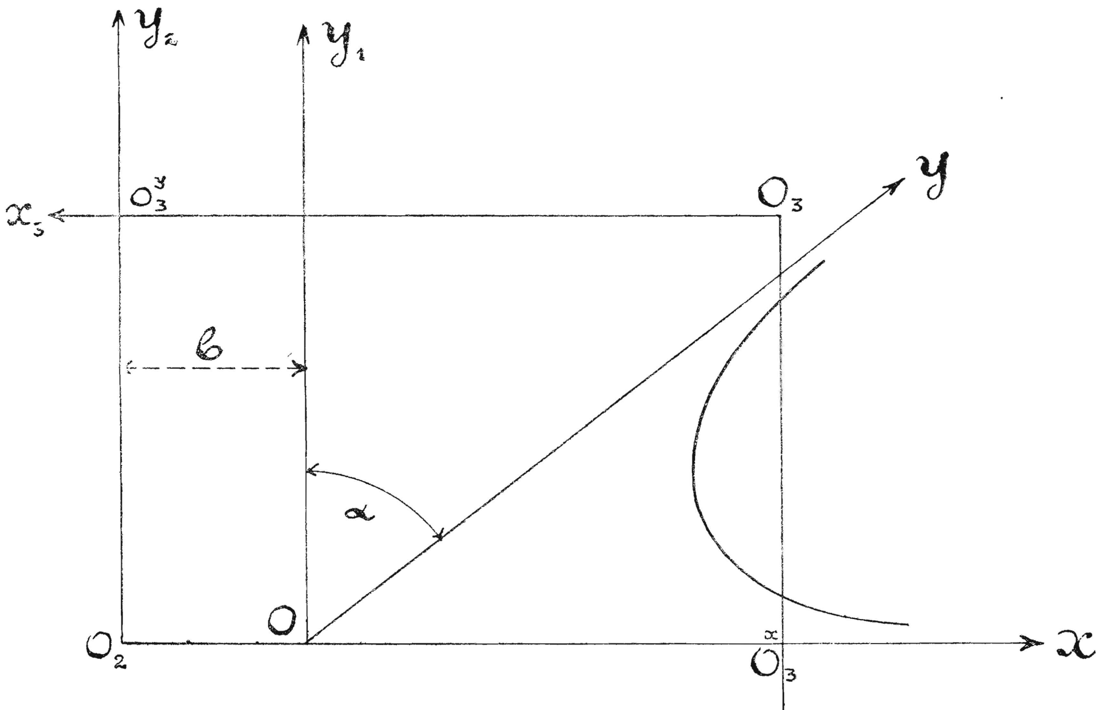


рис. 8.

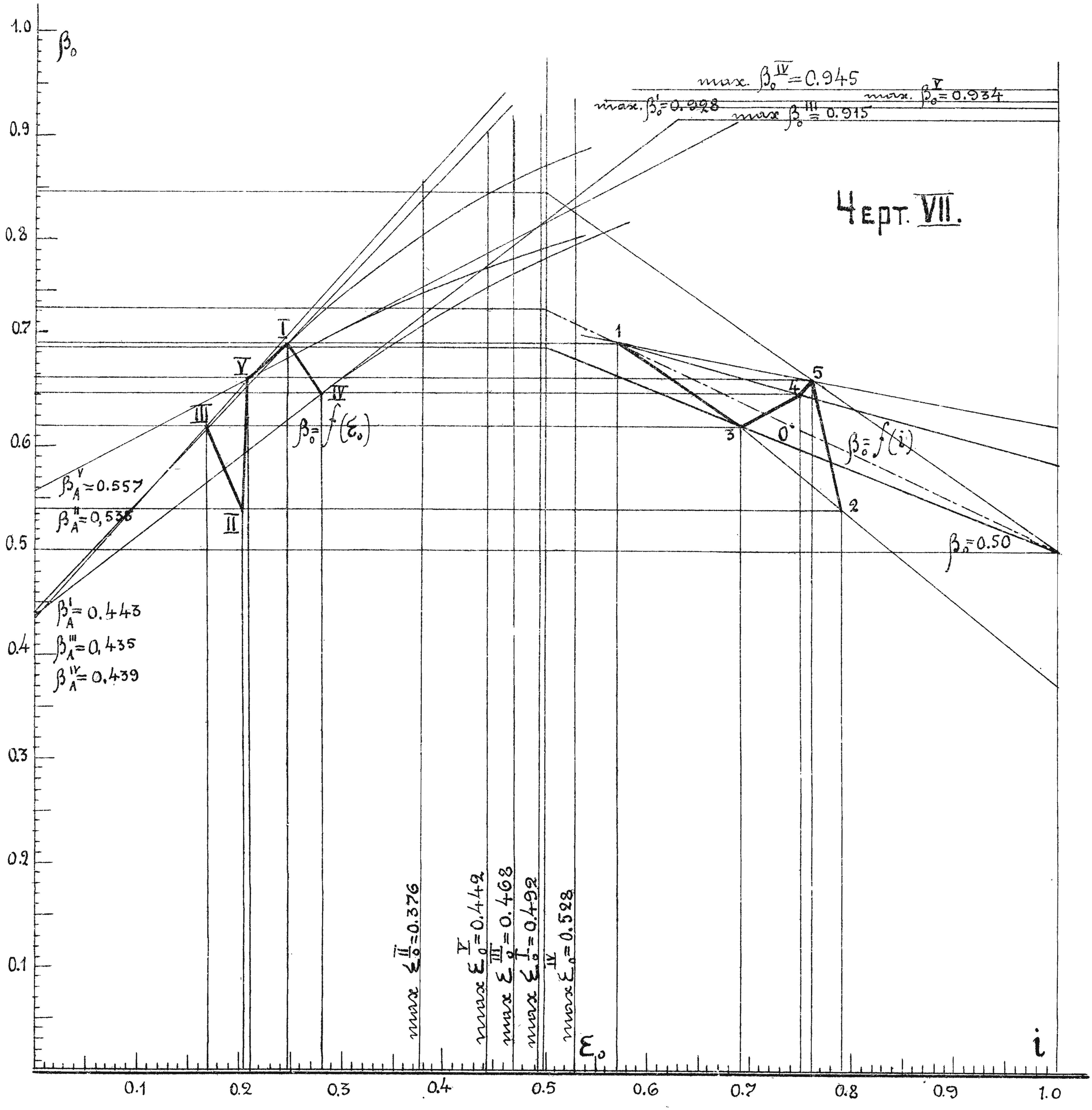
Таким образом, теоретическая кривая $\beta_\gamma = f\ (\gamma)$ для каждого участка является вполне определенной вне зависимости от фактических значений $\beta_{ф}$. При этом, так как общий вид гиперболы $\beta_\gamma = f\ (\gamma)$ получается сложным и нам придется пользоваться видом $\gamma = \varphi\ (\beta_\gamma)$, то для использования первого условия общности касательной — или равенства tg'ов углов наклона касательной к координатной оси — необходимо перейти от уравнения $\beta_0 = f_0\ (\gamma)$ к виду

$$\gamma = \varphi_0\ (\beta_0) = \frac{a + b}{\beta_0}$$

и взять производную γ по β_0.

Тогда условие 1-е выразится:

$$\frac{(B + 2C\beta_\gamma)\ (1 - \beta_\gamma) + (A + B\beta_\gamma + C\beta_\gamma^2)}{(1 - \beta_\gamma)^2} = \frac{b\beta_0 - (a + b\beta_0)}{\beta_0^2} = -\ \frac{a}{\beta_0^2}$$



Черт. VII.
β_0
max. $\beta_0^{IV} = 0.945$
max. $\beta_0^{V} = 0.934$
max. $\beta_0^{I} = 0.928$
max $\beta_0^{III} = 0.915$
$\beta_0 = f(\varepsilon_0)$
$\beta_0 = f(i)$
$\beta_0 = 0.50$
$\beta_A^{V} = 0.557$
$\beta_A^{II} = 0.538$
$\beta_A^{I} = 0.443$
$\beta_A^{III} = 0.435$
$\beta_A^{IV} = 0.439$
max $\varepsilon_0^{II} = 0.376$
max $\varepsilon_0^{V} = 0.442$
max $\varepsilon_0^{III} = 0.468$
max $\varepsilon_0^{I} = 0.492$
max $\varepsilon_0^{IV} = 0.528$
ε_0
i

при

$$\beta_\gamma = \beta_0 = \beta_{\gamma=1-\frac{n'}{n}(\varepsilon-\Delta)} = \beta_{\varepsilon-\Delta}$$

Откуда имеем окончательно 1-е уравнение:

$$A + B + (2\beta_{\varepsilon-\Delta} - \beta^2_{\varepsilon-\Delta})\ C = -\frac{a(1-\beta_{\varepsilon-\Delta})^2}{\beta^2{}_{\varepsilon-\Delta}} \quad \ldots\ldots \quad \mathrm{I}$$

Два других имеют вид:

$$A + B\beta_\gamma + C\beta_\gamma{}^2 = \gamma\ (1-\beta_\gamma) \quad \ldots\ldots \quad \mathrm{II\ и\ III}$$

с подстановкой для II уравнения

$$\gamma = 1 - \frac{n'}{n}(\varepsilon-\Delta) \text{ и } \beta_\gamma = \beta_{\gamma=1-\frac{n'}{n}(\varepsilon-\Delta)},$$

исчисленного по формуле (C)

и для III уравнения:

$$\gamma = \gamma_{\min} \text{ и } \beta_\gamma = \beta_{\gamma\min}.$$

Определенные по этим трем уравнениям численные значения коэффициентов A, B и C дают следующие уравнения гипербол зависимости γ и β_γ для наших пяти участков.

$$\gamma_1 = \frac{1{,}222 - 1{,}374\beta + 0{,}233\beta^2}{1-\beta} \quad \ldots\ldots \quad \mathrm{I}$$

$$\gamma_2 = \frac{1{,}280 - 1{,}930\beta + 0{,}638\beta^2}{1-\beta} \quad \ldots\ldots \quad \mathrm{II}$$

$$\gamma_3 = \frac{1{,}281 - 1{,}760\beta + 0{,}462\beta^2}{1-\beta} \quad \ldots\ldots \quad \mathrm{III}$$

$$\gamma_4 = \frac{1{,}115 - 1{,}420\beta + 0{,}281\beta^2}{1-\beta} \quad \ldots\ldots \quad \mathrm{IV}$$

$$\gamma_5 = \frac{1{,}113 - 1{,}34\beta + 0{,}210\beta^2}{1-\beta} \quad \ldots\ldots \quad \mathrm{V}$$

По этим уравнениям построены гиперболы изменения $\beta_\gamma = f\ (\gamma)$ в прямоугольных координатах для каждого участка (черт. I—V). Числовые значения коэффициентов β_γ и γ, исчисленных по вышеприведенным уравнениям гипербол, приведены в таблице IV.

Таблица IV.

I участок.			II участок.			III участок.			IV участок.			V участок.		
γ	β_i	$\beta_k\beta_i$	γ	β_i	$\beta_k\beta_i$	γ	β_i	$\beta_k\beta_i$	γ	β_i	$\beta_k\beta_i$	γ	β_i	$\beta_k\beta_i$
0,912	0,700	0,560	0,919	0,54	0,398	0,966	0,62	0,510	0,887	0,652	0,540	0,932	0,667	0,534
0,892	0,750	0,600	0,880	0,60	0,412	0,949	0,65	0,533	0,863	0,70	0,578	0,917	0,70	0,560
0,860	0,800	0,640	0,845	0,65	0,480	0,917	0,70	0,575	0,832	0,75	0,620	0,892	0,75	0,600
0,813	0,850	0,680	0,803	0,70	0,515	0,884	0,75	0,617	0,795	0,80	0,660	0,860	0,80	0,640
0,750	0,900	0,720	0,772	0,75	0,552	0,840	0,80	0,656	0,740	0,85	0,702	0,813	0,85	0,680
0,657	0,930	0,740	0,730	0,80	0,590	0,793	0,85	0,700	0,650	0,90	0,744	0,740	0,90	0,720
0,560	0,950	0,760	0,680	0,85	0,627	0,710	0,90	0,740	0,528	0,93	0,770	0,614	0,93	0,744
0,450	0,960	0,768	0,610	0,90	0,662	0,657	0,93	0,764	0,343	0,957	0,790	0,520	0,95	0,760
0,302	0,969	0,775	0,528	0,93	0,685	0,520	0,95	0,780	—	—	—	0,260	0,969	0,775
—	—	—	0,460	0,95	0,700	0,343	0,967	0,793	—	—	—	—	—	—
—	—	—	0,243	0,97	0,715	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Посмотрим теперь, насколько наши статистические данные подтверждают эту зависимость, а с другой стороны — насколько действительные результаты работы отклоняются от намечаемых нами предельных норм, т. е., как велик коэффициент качества работы.

Для этого наносим на те же координаты, на которые нанесены наши гиперболы $\beta_\gamma = f(\gamma)$ каждого участка, значения $\beta_{ф}$ при соответствующих им значениях γ. Для всех пяти участков мы получаем при этом достаточно разбросанные группы точек, при чем для четырех участков, за исключением III-го, они дают возможность утверждать вообще, что коэффициент скорости падает по мере насыщения графика, т. е. приходим к тому выводу, к которому пришел и профессор Ломоносов даже при поверхностном изучении вопроса.

Но мы установили уже необходимость принять во внимание только высшие фактические значения коэффциента β, а, следовательно, необходимо построить верхние обертывающие наши группы точек кривые. При попытке такого построения приходится констатировать, что два участка из тех четырех, которые подтверждали вообще падение коэффициента скорости по мере увеличения насыщенности, дают возможность построения лишь прямых линий с наклоном в сторону увеличения, т. е. ничего не могут дать большего для детального уяснения характера кривой $\beta_\gamma = f(\gamma)$, и только два участка I и IV имеют обертывающие кривые с определенным изгибом кверху, при чем общее направление этих обертывающих кривых весьма схоже с построенными гиперболами $\beta_\gamma = f(\gamma)$.

Далее, если для этих двух участков взять отношения высших из фактических значений $\beta_{\text{ф}}$ коэффициента скорости к численным значениям коэффициента β_{γ}, определяемым для соответствующих значений γ по построенным гиперболам, то получим, что для каждого участка это отношение, являющееся коэффициентом качества β_k, изменяется в сравнительно небольших пределах (см. таблицу V).

Таблица V.

I участок.				II участок.				III участок.				IV участок.				V участок.			
№№ точек.	$\beta_{\text{ф}}$	β_{γ}	β_k	№№ точек.	$\beta_{\text{ф}}$	β_{γ}	β_k	№№ точек.	$\beta_{\text{ф}}$	β_{γ}	β_k	№№ точек.	$\beta_{\text{ф}}$	β_{γ}	β_k	№№ точек.	$\beta_{\text{ф}}$	β_{γ}	β_k
21	0,567	0,755	0,751	2	0,640	0,880	0,727	35	0,694	0,845	0,821	22	0,508	0,718	0,707	8	0,715	0,936	0,764
2	0,675	0,846	0,796	35	0,682	0,927	0,735	8	0,697	0,895	0,779	30	0,602	0,760	0,792	5	0,756	0,947	0,798
33	0,701	0,885	0,792	—	—	—	—	9	0,716	0,935	0,766	20	0,657	0,795	0,826	—	—	—	—
7	0,726	0,908	0,800	—	—	—	—	—	—	—	—	5	0,702	0,858	0,818	—	—	—	—
Максимальные значения β_k:			0,800	—	—	—	0,735	—	—	—	0,820	—	—	—	0,825	—	—	—	0,800

т. е. верхние обертывающие кривыя фактических значений $\beta_{\text{ф}}$ довольно точно следуют теоретически определенной зависимости $\beta_{\gamma} = f(\gamma)$, но с поправкой на коэффициент качества работы, значение которого для I участка равно $\beta_k = 0{,}800$ и для IV участка $\beta_k = 0{,}825$.

Если произвести такие же подсчеты для других участков, где расположение даже высших точек фактических значений $\beta_{\text{ф}}$ не дает хотя бы общего характера гиперболической кривой, то все же получается, что отдельные высшие точки дают коэффициенты приближения, достаточно близкие к I и IV участкам, именно: для II участка — $\beta_k = 0{,}735$, для III участка — $\beta_k = 0{,}820$ и для V участка — $\beta_k = 0{,}800$.

Таким образом, для этих участков мы имеем только менее ясно выраженное общее положение, что *фактический коэффициент коммерческой скорости изменяется в зависимости от степени заполнения графика по закону гиперболы изменения идеального коэффициента коммерческой скорости, но с введением постоянного коэффициента качества, значение которого близко к* 0,80.

Небольшие колебания этого коэффициента качества для разных участков в пределах от 0,735 до 0,825 представляются особо интересными потому, что, не принимая во внимание этого коэффициента, определяющагося уравнением

гиперболы, а из одного только сравнения расположения групп точек фактических значений разных участков в отношении координатных осей, мы должны были бы сделать вывод о весьма плохой работе II участка в сравнении с другими. Между тем, на самом деле, для этого участка мы имеем гиперболу изменения $\beta_\gamma = f\ (\gamma)$ с наиболее отдаленным от полного насыщения графика началом резкого понижения коэффициента скорости, соответствующим вершине гиперболы, почему получается как бы приближение теоретической гиперболы к фактическим значениям β_{ϕ} и, вследствие этого, небольшое отклонение в сторону уменьшения коэффициента качества в сравнении с остальными участками.

Но даже и это небольшое отклонение находит себе достаточное объяснение в крайне невыгодном грифике срочных поездов этого участка, что уже отмечалось нами ранее в главе II, которое не только отражается на уменьшении расчетных значений коммерческой скорости, но сверх того влияет и на качественный коэффициент работы.

Вообще же гипербола $\beta_\gamma = f\ (\gamma)$ этого участка имеет несколько отличный характер от других в том отношении, что эти последние характеризуются резким падением коэффициента β_γ лишь после заполнения графика свыше $\gamma = 0{,}65 - 0{,}70$, до каковых значений γ падение коэффициента скорости весьма слабое; между тем, для II участка и в пределах изменения γ до $0{,}50$ происходит довольно значительное уменьшение коэффициента β, резкое же падение его наступает после $\gamma = 0{,}50$, что приводит, в конце концов, к наиболее низкому значению β при полном заполнении графика: $\beta_0 = 0{,}54$.

Это последнее объясняется, как мы указали в главе II, и тем, что относительная свобода графика, получающаяся вследствие снятия $\varepsilon n'$ товарных поездов n' срочными поездами, выражающаяся введенным нами коэффициентом $\varepsilon_0 = \varepsilon \frac{n'}{n_{\max}}$, для данного участка, вследствие сравнительно большого значения $n_{\max} = 23{,}60$, является ме́ньшей , чем для других участков. В то же время бо́льшее значение $n_{\max}$, а, следовательно, относительно ме́ньшее значение $t^0_{\max}$, приводит к ме́ньшей задержке поездов при перенасыщени графика,—что дает пологое расположение касательной в точке β_0, в свою очередь обусловливающее и менее резкое понижение коэффициента β_γ при значениях γ, близких к полному насыщению графика.

Другой характерной особенностью этой гиперболы является бо́льшее приближение характера ее ветвей к прямым линиям, почему, если бы для данного участка мы имели бы бо́льшее заполнение пропускной способности, чем отмеченное нашими статистическими данными, то должны были бы получить ряд точек верхних, по крайней мере, значений, приближающихся к прямой линии.

Это обстоятельство могло бы и нас привести к заключению, что коэффициент коммерческой скорости уменьшается в зависимости от степени заполнения графика по закону прямой, к чему пришел проф. Ломоносов, вывод которого является, таким образом, не ошибкой, а лишь выражением частного случая.

В зависимости от определившихся для каждого участка наивысших значений коэффициента качества β_k нами построены обертывающие кривые фактических значений β_{ϕ}, которые являются также гиперболами того же вида, что и основные гиперболы $\beta_\gamma = f(\gamma)$.

Вершины этих гипербол, после которых наступает резкое понижение β_γ, лежат для четырех участков в пределах изменения γ от $0{,}70 - 0{,}80$ и только для II участка при значении $\gamma = 0{,}60$.

Таким образом, *наивыгоднейшею степенью заполнения графика в смысле поддержания на возможно больших значениях коэффициента коммерческой скорости являются значения* γ, *близкие к* $0{,}75$, при чем, однако, с увеличением пропускной способности этот предел вообще передвигается в сторону уменьшения насыщенности графика.

Эти верхние обертывающие кривые фактических значений коэффициента скорости мы назовем кривыми *нормальных* значений этого коэффициента.

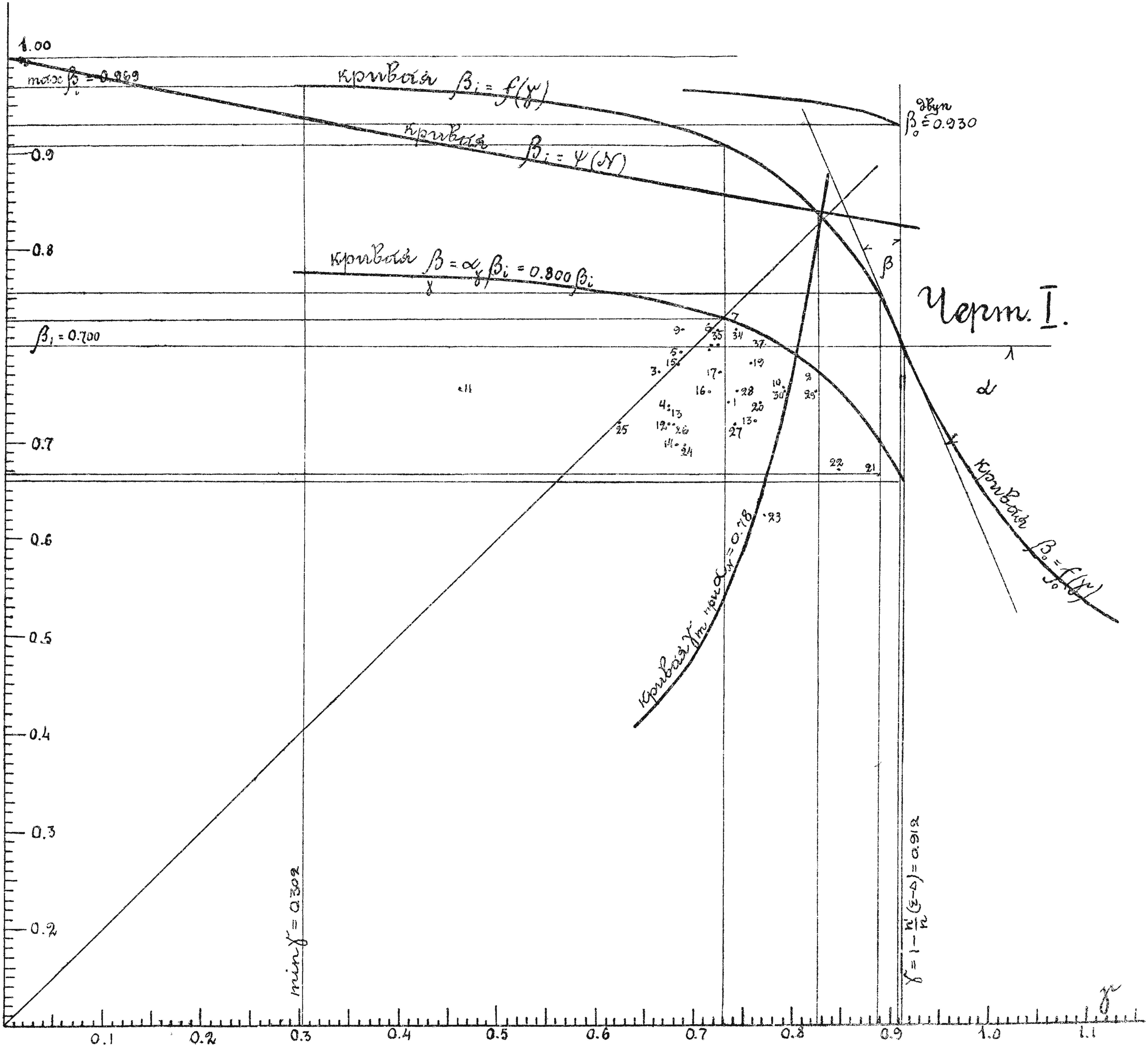
В то же время мы ввели выше определение *идеального* коэффициента коммерческой скорости потому, что кривые изменения теоретического коэффициента скорости построены нами все же не на основании чисто теоретических формул коэффициента коммерческой скорости при полном насыщении графика, а исходя из построения графика, т. е. *в условиях вполне осуществимых*, но являющихся *идеальным выполнением работы* по пропуску поездов, когда пропуск каждого поезда на каждом перегоне был бы произведен с расчетом на наилучший результат, как это и делается при составлении максимального графика,—но чего *никогда не может быть достигнуто в действительности*.

При введении этого определения идеального коэффициента коммерческой скорости β_i и получаемые умножением на него ходовой скорости значения коммерческих скоростей должны рассматриваться тоже как *идеальные*; *расчетные же нормальные значения* коммерческих скоростей при разных степенях насыщенности графика должны получаться при умножении идеальных значений на коэффициент качества β_k:

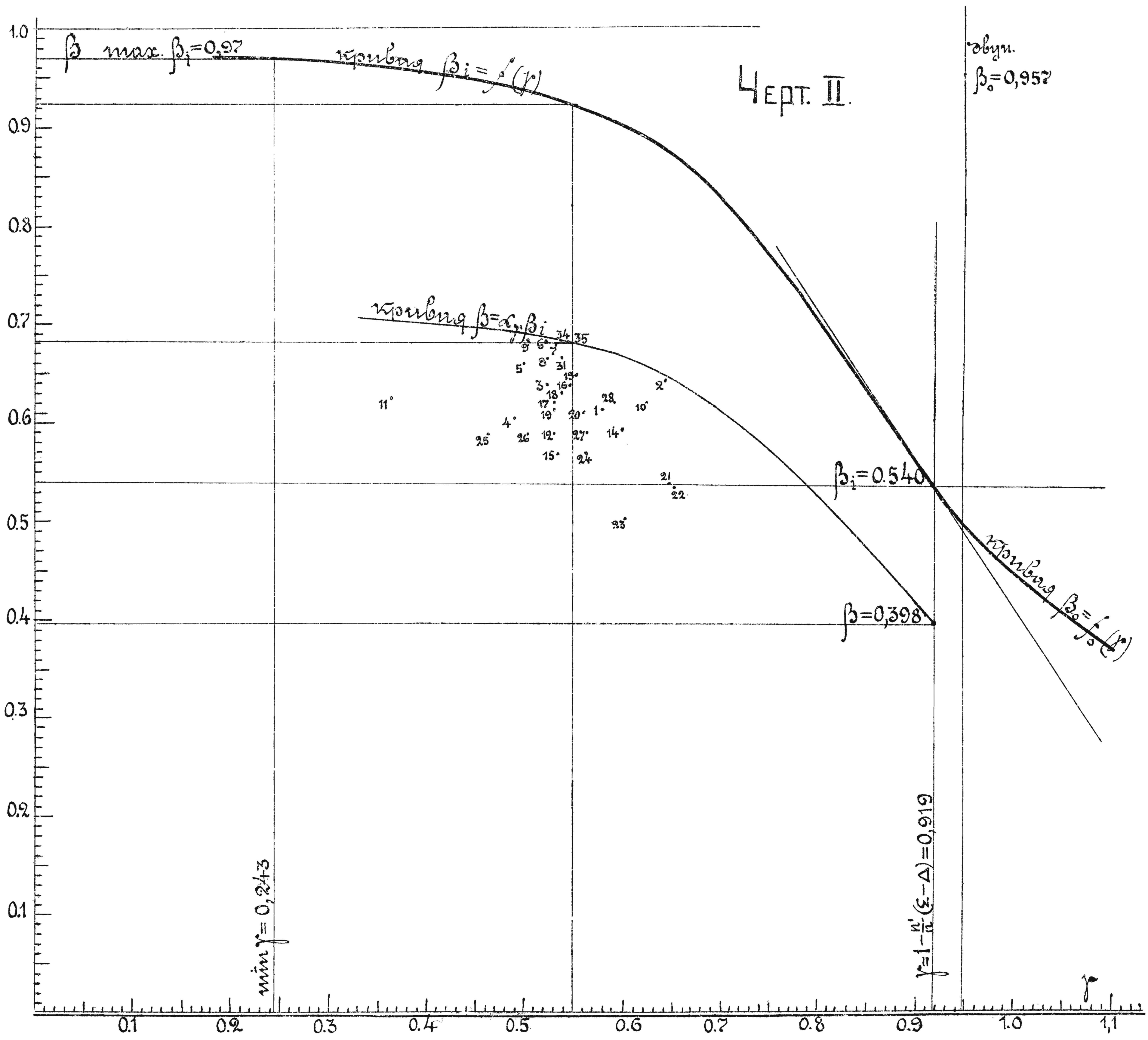
$$V_k = \beta_k \cdot \beta_i \cdot V_0$$

Условия работы рассматриваемых пяти участков—вернее, обычная постановка дела регулировки движения поездов по участку—приводят к среднему значению коэффициента качества $\beta_k = 0{,}80$,—хотя и для этих участков мы видим известное колебание этого коэффициента и возможность его увеличения до $0{,}826$.

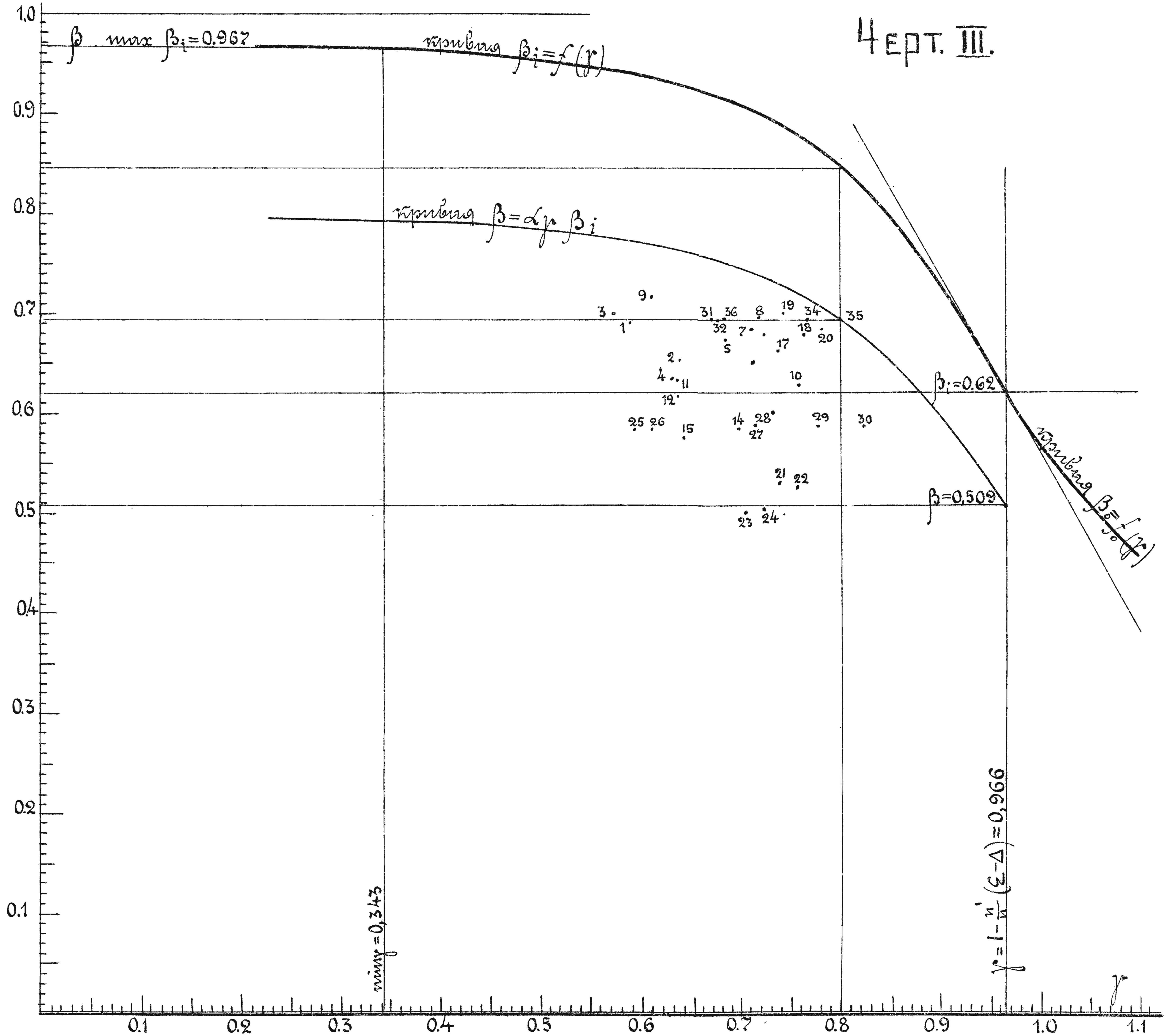
Несомненно, что при более усовершенствованном способе распоряжения движением поездов—например, через диспетчеров участка—этот коэффициент качества должен повыситься и приблизиться к своему пределу $\beta_k = 1{,}0$, при чем для слабых степеней заполнения допустима даже возможность достижения этого предела. Однако, в нашем распоряжении нет цифровых данных для установления этих практических коэффициентов поправки для различных способов организации



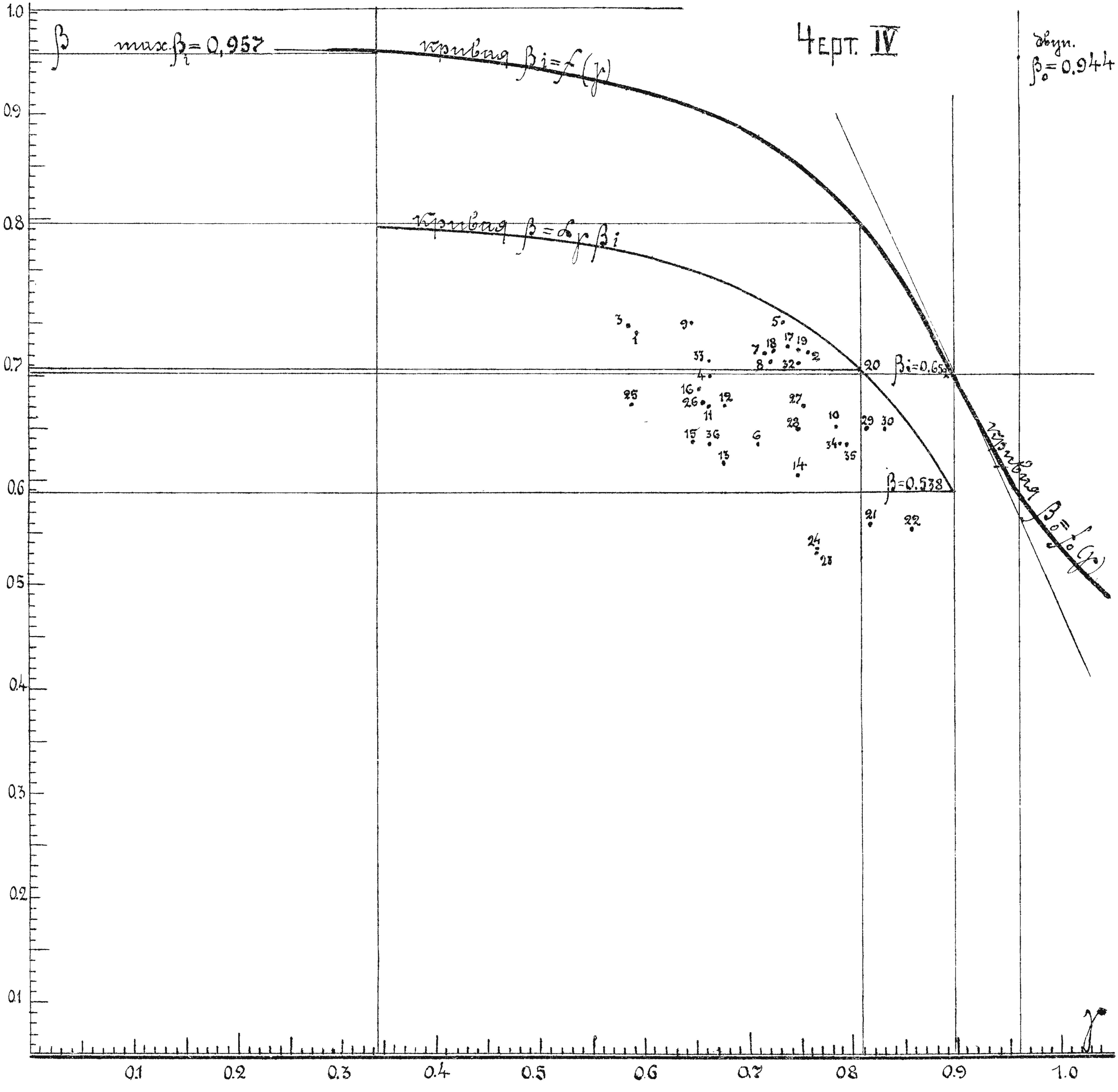
кривая $\beta_i = f(\gamma)$
кривая $\beta_i = \psi(N)$
кривая $\beta = \alpha_\gamma \beta_i = 0.800\,\beta_i$
кривая $\beta_0 = f(\gamma)$
кривая γ_m при $\alpha_N = 0.78$
$\max \beta_i = 0.969$
$\beta_0^{двун} = 0.930$
$\beta_i = 0.700$
$\min \gamma = 0.302$
$\gamma = 1 - \frac{N'}{N}(\varepsilon - \Delta) = 0.912$
Черт. I.



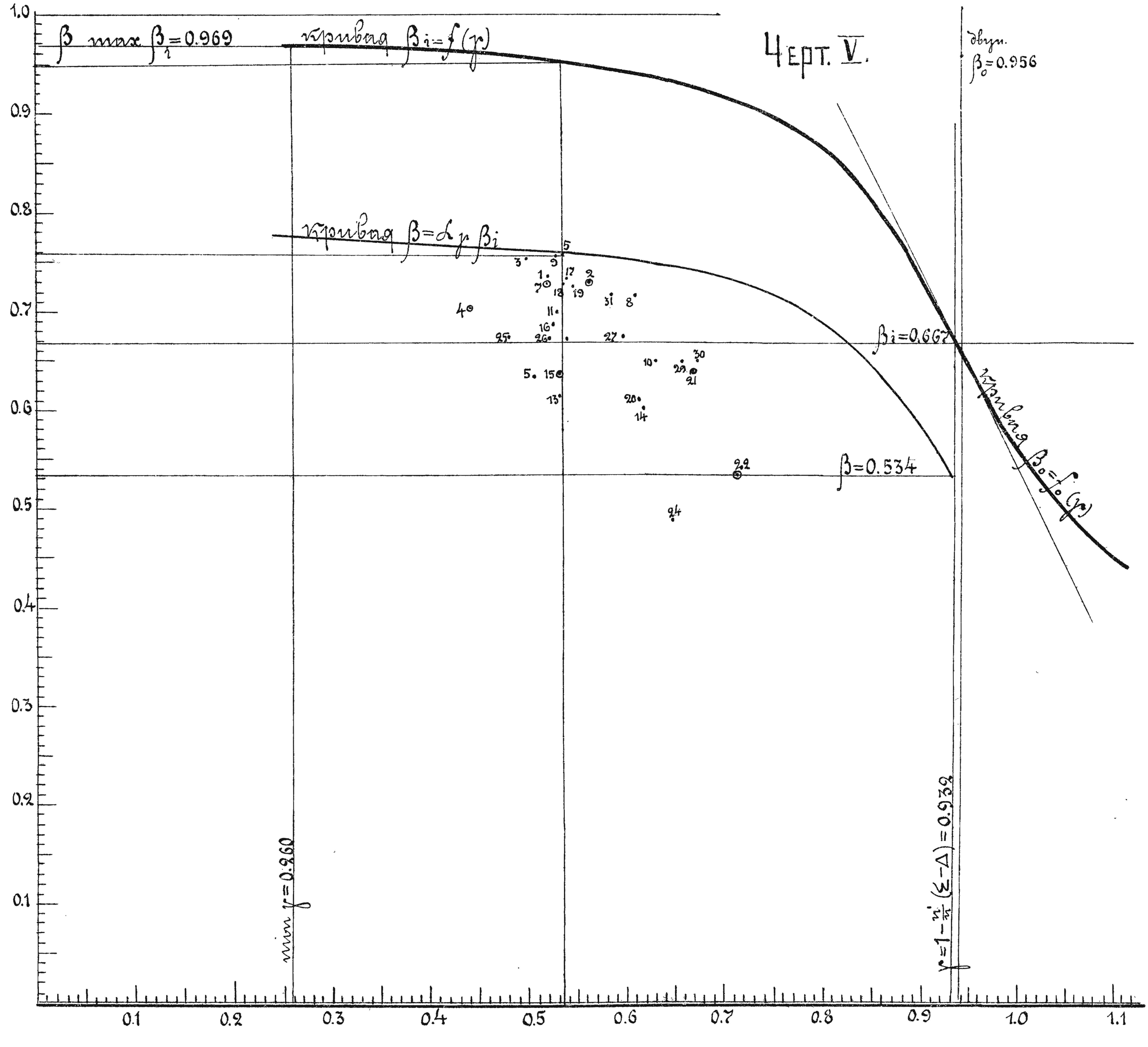
Черт. II
β max. $\beta_i = 0{,}97$
кривая $\beta_i = f(\gamma)$
звук. $\beta_0 = 0{,}957$
кривая $\beta = \alpha_\gamma \beta_i$
$\beta_i = 0.540$
$\beta = 0{,}398$
кривая $\beta_0 = f_0(\gamma)$
min $\gamma = 0{,}243$
$\gamma = 1 - \frac{n'}{n}(\varepsilon - \Delta) = 0{,}919$
γ



Черт. III.
max β_i = 0.967
кривая $\beta_i = f(\gamma)$
кривая $\beta = \alpha_\gamma \beta_i$
β_i = 0.62
β = 0,509
кривая $\beta_0 = f(\gamma_0)$
γ_{min} = 0,343
$\gamma_0 = 1 - \frac{n'}{n}(\varepsilon - \Delta) = 0,966$
γ
1.0
0.9
0.8
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0.1
0.2
0.3
0.4
0.5
0.6
0.7
0.8
0.9
1.0
1.1



Черт. IV
max. β_i = 0,957
кривая $\beta i = f(\gamma)$
кривая $\beta = \alpha_\gamma \beta i$
кривая $\beta_o = f_o(\gamma)$
двун. β_o = 0.944
βi = 0.659
β = 0.538
β
γ
1.0
0.9
0.8
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1



Черт. V.
β max β_i=0.969
кривая $\beta_i=f(\gamma)$
кривая $\beta=\alpha_\gamma \beta_i$
двун. β_0=0.956
β_i=0.667
β=0.534
кривая $\beta_0=f_0(\gamma)$
min γ=0.260
$\gamma=1-\frac{n'}{n}(\Sigma-\Delta)=0.939$
1.0
0.9
0.8
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0.1
0.2
0.3
0.4
0.5
0.6
0.7
0.8
0.9
1.0
1.1

регулировки движения поездов по участку, и наш средний коэффициент $\beta_k = 0{,}80$ выражает результаты обычной работы русских железных дорог.

Это среднее, но в то же время предельное для работы пяти рассматриваемых участков значение коэффициента качества работы по пропуску поездов в пределах участка интересно сравнить с отмеченным нами предельным же значением коэффициента оборота вагонов *), т. е. отношением наивысших значений фактического оборота к идеальному, взятым для тех же обычных условий работы русских железных дорог.

Это предельное отношение из разработанного нами статистического материала приближалось к величине $\alpha = 1{,}25$, что дает коэффициент качества, равный $\frac{1}{\alpha} = \frac{1}{1{,}25} = 0{,}80$,—т. е. то же значение, что и для коэффициента коммерческой скорости.

Таким образом, как будто, это *значение 0,80 коэффициента качества работы является общим для обычной работы русских железных дорог в области использования их перевозочных средств*—будь то подвижной состав или пропускная способность. Мы говорим: как будто, так как имеем в этом отношении только свои наблюдения и выводы и при том только при исследовании двух вопросов эксплоатации перевозочныхъ средств железных дорог. Но так как коммерческая скорость V_k является лишь одним из элементов, определяющих общий оборот вагона

$$\theta_i = \frac{1}{12}\left(\frac{1}{V_k} + \frac{k}{l} + \frac{k'}{\lambda}\right)\frac{n'\,l'}{\Sigma n} + \frac{\Theta_1 n_1 + \Theta_2 n_2}{\Sigma n}$$

то совпадение предельного коэффициента качества для одного из составных элементов и общей их совокупности дает основания утверждать, что для совокупности всех других элементов должно получиться то же значение предельного коэффициента достижения, и предполагать, что то же значение этого коэффициента получится при обследовании в отдельности и всех остальных элементов работы, т. е. притти к выводу об общности этого коэффициента качества 0,80 для всей вообще работы русских железных дорог по использованию перевозочных средств.

---

*) См. „Оборот вагона, как показатель утилизации подвижного состава“, того же автора, кн. IX и X Журнала М. П. С. 1915 г.

IV. Зависимость коммерческой скорости от работы с вагонами.

В главе 1 нами было выяснено, что коммерческая скорость зависит от работы с вагонами лишь тогда, когда времени задержек поездов скрещениями и обгонами не хватает для производства всей работы с вагонами, и что зависимость эта аналитически выражается функцией:

$$\beta_N = \frac{1}{1 + \frac{V_0}{L} kN} = \frac{1}{1 + aN} = \psi\ (N)$$

имеющей место лишь для значений

$$N > N_m = \frac{\Sigma_\gamma t}{k}.$$

Таким образом, если величина k — времени, затрачиваемого на работу с одним вагоном, нам известна, то и здесь кривая изменения коэффициента скорости вполне точно определяется теоретически, и статистические данныя могут служить лишь для подтверждения правильности определенной теоретически зависимости.

Величина k определяется как частное от деления суммы часов задержек поездов для работы с вагонами на число переработанных станциями вагонов, при чем знаменатель этой дроби в настоящее время учитывается на всех почти дорогах сети, как сумма соответствующих постанционных данных. Однако, сама величина k — *среднего для участка* времени маневров с одним вагоном вряд ли где учитывается, так как наблюдение за маневровой работой путемъ учета среднего времени производства маневров с одним вагоном (или обратной ему величины — числа вагонов на час работы паровоза) приурочивается к отдельной станции, а не к участку дороги.

Этот постанционный учет указывает, что среднее время k_s маневров с одним вагоном на каждой станции является функцией от числа перерабатываемых вагонов N_s и уменьшается при возрастании общей маневровой работы, при чем зависимость между k_s и N_s выражается уравнением гиперболы *)

$$N_s = \frac{A - Bk + Ck^2}{k}$$

*) Данныя об этом в отчетах о применении премий за маневровую работу на б. Сибирской ж. д. за 1914 и 1915 г.г.

что, конечно, является прямым следствием общего закона производства, согласно коего стоимость единицы производства уменьшается при увеличении размеров производства.

Попутно можно отметить, что коэффициенты уравнения этой гиперболы для отдельных станций объединяются в три группы:

1) малых промежуточных станций,

2) деповских обычного типа,

3) больших сортировочных станций, при чем здесь они имеют уже индивидуальное значение для каждой станции.

Поэтому является полное основание предполагать, что и для среднего времени k маневров с одним вагоном на ряде станций, находящихся на участке дороги, существует аналогичная зависимость, но не от общей суммы вагонов, а от числа вагонов, приходящихся в среднем на каждый отдельный поезд,— так как под величиной k мы понимаем, собственно, среднее время задержки поезда на маневры по отцепке-прицепке одного вагона.

На малых станциях, не имеющих специальных маневровых паровозов, время задержки поездов и время маневров—величины тождественные; но на станциях, имеющих специальные маневровые паровозы, среднее на один перерабатываемый вагон время задержки поезда будет меньше среднего времени маневров с одним вагоном, и поэтому нужен специальный учет суммы простоев поездов на станциях, вызванных маневровой работой. Таких специальных цифр в нашем распоряжении не имеется, и вряд ли где они в настоящее время определяются; но для рассматриваемых нами пяти участков они и не нужны, так как все промежуточные станции специальных маневровых паровозов не имели. Поэтому нам нужно лишь знать среднее время маневровой работы с одним вагоном.

Это среднее значение для отдельных участков нам известно; имеется и ряд значений величины k для различных размеров общего вагоно-оборота участков, почему можно определить зависимость $k = \varphi\,(\Sigma N_S)$; но не имеется соответствующих этим значениям k значений числа вагонов на каждый прошедший по участку поезд, почему определить точное выражение функции $k = f\,(N)$ в настоящее время мы не можем. Однако, разработанные нами материалы на б. Сибирской ж. д. позволяют утверждать, что общий вид этой функции будет:

$$N = \frac{A - Bk + Ck^2}{k}$$

т. е. гипербола, пересекающая ось y (k) при максимальном значении

$$k = \frac{B \pm \sqrt{B^2 - 4AC}}{2C} = k_0$$

и имеющая ассимптотой ось x.

В этом случае для коэффициента коммерческой скорости мы получаем выражение

$$\beta_N = \frac{1}{1+\frac{V_0}{L}kN} = \frac{1}{1+cNf(N)} \quad \ldots \ldots \ldots (1)$$

справедливое для значения

$$N > N_m = \frac{\Sigma_\gamma t}{k} = \frac{\frac{L}{V_0} \cdot \frac{1-\beta_\gamma}{\beta_\gamma}}{f(N)} = \frac{1}{f(N)c} \cdot \frac{1-\beta_\gamma}{\beta_\gamma} \quad \ldots \ldots (2)$$

Но так как колебания величины k, в зависимости от изменения N при тех пределах этих изменений, которые обнимаются статистическими данными для рассматриваемых нами участков, не являются значительными, то для упрощенных проверок правильности определенной нами зависимости коэффициента β_N от работы с вагонами:

$$\beta_N = \frac{1}{1+ckN}$$

мы можем принять k за постоянное, взяв среднее ее значение.

Тогда $k = k_0$ и формулы (1) и (2) изменяются так:

$$\beta_N = \frac{1}{1+ck_0N} \quad \ldots \ldots \ldots \ldots (1^1)$$

$$N > N_m = \frac{1-\beta_\gamma}{ck_0\beta_\gamma} \quad \ldots \ldots \ldots \ldots (2^1)$$

I участок.

Данныя о средних значениях числа N отцепленных и прицепленных к одному поезду вагонов для соответствующих значений β_N приведены в таблице № 1. При перенесении на прямоугольные координатные оси (черт. 1а) получаем группу точек, имеющую характер постепенного понижения значений β_N при увеличении N, но, однако, не дающую возможности судить о возможном виде функций $\beta_N = \varphi(N)$.

Если же, задавшись уравнением гиперболы вида $\beta_N = \frac{1}{1+ckN}$, найти неизвестный коэффициент этого уравнения k по методу верхней обертывающей кривой (точки 8 и 9), то получим значение $k = 0{,}48$, т. е. явно преувеличенное в сравнении с фактическим средним его значением для данного участка.

Так как для этого участка среднее значение $k_0 = 7$ м. $= 0{,}116$ ч. и $C = \frac{V_0}{L} = 0{,}199$, то

$$\beta_N = \frac{1}{1+ck_0\,N} = \frac{1}{1+0{,}023\,N}$$

при чем построенная кривая β_N лежит гораздо выше всех точек, определяющих фактическое соотношение β_N и N; при чем коэффициент качества α_N получается равным $\alpha_N = 0,78$.

Но так как эта кривая выражает нормальныя значения коэффициента β_N лишь для значений N, удовлетворяющих равенству 2^1, то определяем кривую изменения N_m данного участка при наличии зависимости:

$$\gamma_1 = \frac{1,122 - 1,374\ \beta + 0,233\ \beta^2}{1-\beta}$$

и принимая $\beta_\gamma = \alpha_\gamma\ \beta_i = 0,80\ \beta_i$.

Получаем кривую с настолько большими значениями N_m, что любое из фактических значений $N_ф$ меньше N_m, т. е., что для этого участка коэффициент коммерческой скорости от работы с вагонами не зависит, а определяется как функция степени заполнения графика, ибо работа с вагонами столь незначительна, что времени задержек поездов скрещениями и обгонами вполне достаточно для производства маневров по отцепке-прицепке вагонов.

Однако, такой результат получился, когда мы приняли $\beta_\gamma = \alpha_\gamma\ \beta_i = 0,80\ \beta_i$; если же допустить $\alpha_\gamma = 1$, т. е. принять во внимание основную теоретическую кривую $\beta_\gamma = \beta_i$, то кривая N_m пройдет гораздо ближе к оси ординат, и некоторые из точек фактических значений N будут удовлетворять условию $N > N_m$, т. е. как будто мы будем иметь основание искать кривую $\beta_N = \psi\ (N)$ по методу верхней обертывающей кривой. Однако, в этом случае мы опять придем к значению k, явно преувеличенному; между тем как мы имеем $k = 0,116$, как среднее фактическое. Таким образом, мы будем вынуждены допустить, что в данном случае мы имеем высшее значение коэффициента качества $\alpha_N = 0,78$; при чем самое допущение коэффициента качества, не в его случайном значении, соответствующем той или другой точке кривой, а как некоторой предельной степени приближения фактической работы к ея идеальному состоянию,—не являлось бы, на первый взгляд нелогичным, а, наоборот, вполне соответствовало бы тому, что мы установили в отношении коэффициента качества α_γ работы по пропуску поездов по участку.

Однако, это не так, и между аналогичными на первый взгляд вопросами определения зависимости $\beta_\gamma = f\ (\gamma)$ и $\beta_N = \psi\ (N)$ есть глубокое различие.

Дело в том, что, строя нашу кривую $\beta_i = f\ (\gamma)$, мы исходили хотя и из определенных построением графика, а не расчетами по довольно условным формулам, значений коэффициента β_0 полного заполнения графика, но эти значения и самое предположение движения поездов по сетке построенного максимального графика *являлось* несомненным *предельным качеством работы*, ее идеалом, почему мы заведомо должны были принять во внимание некий коэффициент качества работы, коэффициент достижения α_γ в его предельном и постоянном значении.

Между тем при построении кривой $\beta_N = \psi\ (N)$ хотя и по теоретической формуле мы принимали значение k, равное среднему *фактическому* значению, т. е., как бы введя уже в это значение некий коэффициент качества. Поэтому для кривой $\beta_N = \psi\ (N)$ мы не можем допустить условия постоянного коэффициента $\alpha_N < 1$, а, следовательно, только тогда можем считать, что коэффициент скорости определяется как функция работы с вагонами, а не степени заполнения, когда верхняя обертывающая точки фактических значений кривая даст в достаточно полной мере приближение к теоретически построенной кривой $\beta_N = \psi\ (N)$.

В данном случае мы этого не имеем, а, наоборотъ, имеем сильно пониженное положение обертывающей кривой $\beta_{\phi} = \varphi\ (N)$, почему мы должны признать, что работа с вагонами не является фактором, влияющим на коэффициент скорости, определяющимся исключительно степенью заполнения γ.

Как мы указали в главе I, аналитически это условие выражается такъ:

$$\Sigma_{\gamma} t > \Sigma_N t = kN$$

а так как

$$\Sigma_{\gamma} t = \frac{L}{V} \cdot \frac{1 - \beta_{\gamma}}{\beta_{\gamma}} = \varphi\ (\gamma)$$

то могли бы определить условие

$$\gamma > \gamma_m = \xi\ (N),$$

т. е. условие для обратной поверки фактических значений γ.

Но так как зависимость $\beta_{\gamma} = f\ (\gamma)$ весьма сложна, то и аналитическое выражение условия $\gamma > \gamma_m$ получилось бы слишком сложным.

Однако, из условия $\Sigma_{\gamma} t = \frac{L}{V_0} \cdot \frac{1 - \beta_{\gamma}}{\beta_{\gamma}} = kN$ для любого N можно найти по построенной нами кривой $\beta_N = \psi\ (N)$ соответственное β_{γ}, а по кривой $\beta_{\gamma} = f\ (\gamma)$ и соответственное γ; поэтому кривую γ_m можно построить и не выводя этого аналитического выражения.

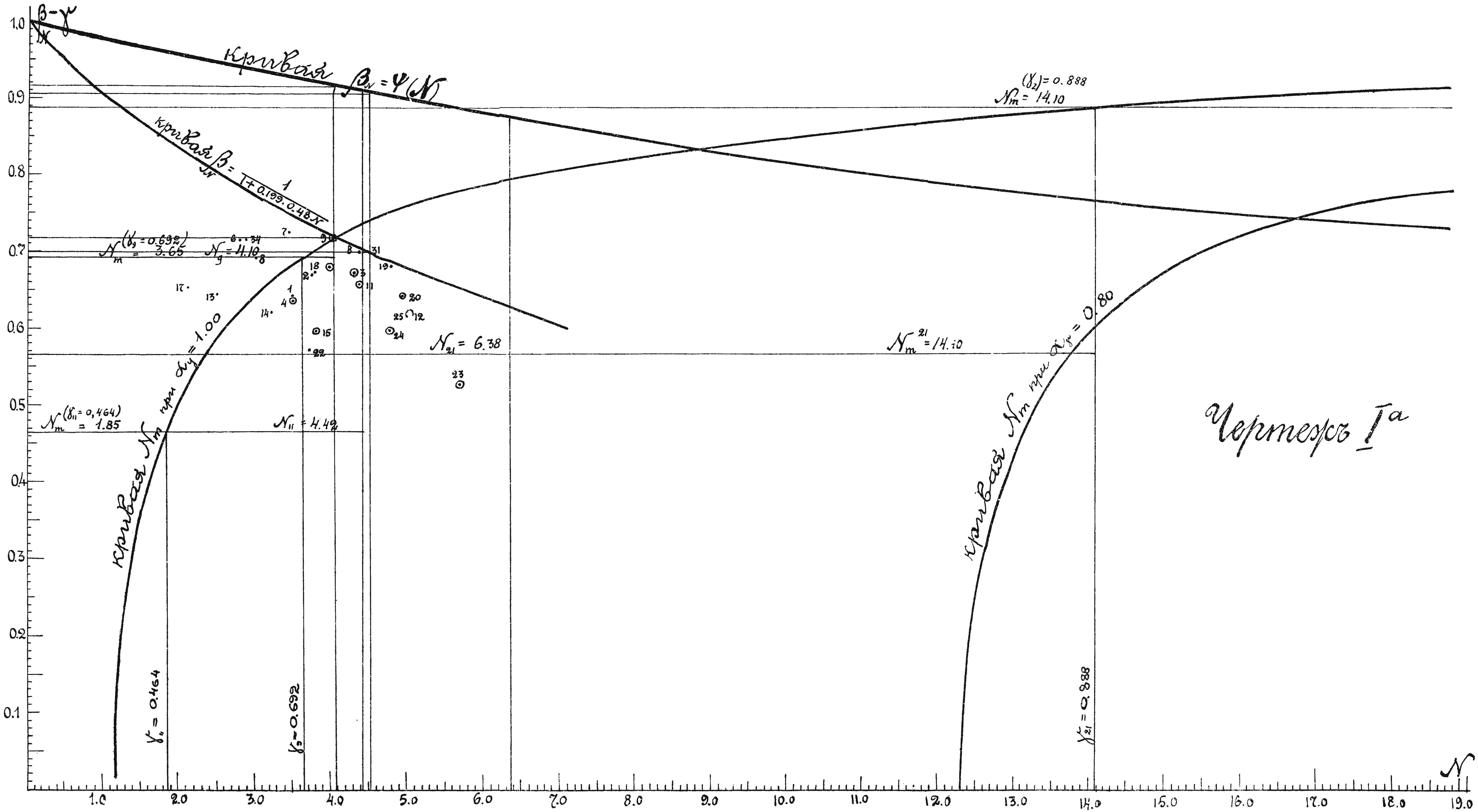
Строим эту кривую, откладывая на чертеже 1 значения N по оси ординат в масштабе черт. I-а, а значения γ_m по оси абсцисс. Получаем кривыя симметричные с кривыми N_m, с общей осью симметрии, проходящей под углом 45^0 из нулевой точки.

Если построить кривыя

$$\Sigma_{\gamma} t \text{ и } \Sigma_N t$$

(табл. 1-б), то пересечение их будет соответствовать ординате точек пересечения кривых N_m и γ_m; на той же ординате лежит и пересечение кривых $\beta_{\gamma} = f\ (\gamma)$ и $\beta_N = \psi\ (N)$, если эту последнюю перенести на черт. 1.

Из двух построенных кривых γ_m мы должны теперь принять во внимание только соответствующую значениям $\alpha_N = 1{,}0$ и $\alpha_{\gamma} = 0{,}80$. При этом мы для



β-γ
Кривая β_N = Ψ(N)
Кривая β_N = 1 / (1+0.199·0.48 N)
(γ_2) = 0.888
N_m = 14.10
(γ_9 = 0.692)
N_m = 3.65
N_9 = 4.10
N_21 = 6.38
N_m^21 = 14.10
(γ_11 = 0,464)
N_m = 1.85
N_11 = 4.49
Кривая N_m при α_y = 1.00
Кривая N_m при α_y = 0.80
γ_11 = 0.464
γ_9 = 0.692
γ_21 = 0.888
N
1.0
0.9
0.8
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
1.0 2.0 3.0 4.0 5.0 6.0 7.0 8.0 9.0 10.0 11.0 12.0 13.0 14.0 15.0 16.0 17.0 18.0 19.0

Чертежъ I^a

любой из наших точек фактических значений β_γ будем иметь, что $\gamma_{ф} > \gamma_m$, а, следовательно, придем к тому же выводу, что для данного участка коэффициент скорости является функцией лишь степени заполнения графика, так как работа с вагонами на участке относительно мала по своим размерам.

Таблица I-б.

γ	β_i	N_m при $\alpha_\gamma = 0{,}80$	$\alpha_\gamma \beta_i$	N_m при $\alpha_\gamma = 0{,}80$	N	γ_m при $\alpha_N = 0{,}78$	N	γ_m при $\alpha_N = 1{,}0$
0,302	0,969	1,390	0,775	12,62	1,390	0,302	12,62	0,302
0,450	0,960	1,818	0,768	13,13	1,818	0,450	13,13	0,450
0,560	0,950	2,293	0,760	13,72	2,293	0,560	13,72	0,560
0,657	0,930	3,283	0,740	15,27	3,283	0,657	15,27	0,657
0,750	0,900	4,831	0,720	16,90	4,831	0,750	16,90	0,750
0,813	0,850	7,655	0,680	20,46	7,655	0,813	20,46	0,813
0,860	0,800	10,870	0,640	24,45	10,870	0,860	24,45	0,860
0,892	0,750	14,530	0,600	28,98	14,530	0,892	28,98	0,892
0,912	0,700	18,630	0,560	34,16	18,630	0,912	34,16	0,912

Построение кривых $\beta_N = \varphi\,(N)$ и $N_m = \frac{\Sigma_\gamma t}{k}$ для участков II, III и IV дает ту же картину, что и для участка I-го, так как работа с вагонами на этих участках еще меньше, а время маневров с одним вагоном незначительно разнится от соответствующего значения k для первого участка; зато V-й участок дает иную картину.

V участок.

Данныя о фактических значениях N при соответствующих коэффициентах β приведены в табл. V и нанесены на график (черт. Va).

Среднее время маневров с одним вагоном $k = 12{,}8$ мин. $= 0{,}213$ час. $c = \frac{V_0}{L} = 0{,}175$ и

$$\beta_N = \frac{1}{1 + 0{,}175 \cdot 0{,}213N} = \frac{1}{1 + 0{,}037N}$$

Строим кривыя N_m при наличии зависимости

$$\gamma_5 = \frac{1{,}113 - 1{,}34\beta + 0{,}21\beta^2}{1 - \beta}$$

и принимая 1) $\beta_\gamma = \beta_i$ и 2) $\beta_\gamma = \alpha_\gamma \beta_i = 0{,}80\ \beta_i$. Числовые значения приведены в таблице Vб.

Таблица Vб.

γ	β_γ	N_m при $\alpha_\gamma = 1{,}0$	N_m при $\alpha_\gamma = 0{,}8$	№№ точек.	$\beta_ф$	N	β_N	N_m	α_N
0,260	0,969	0,864	7,846	2	0,726	11,12	0,705	8,75	1,03
0,520	0,950	1,422	8,535	3	0,752	17,84	0,602	8,45	1,25
0,614	0,930	2,034	9,299	4	0,702	14,20	0,655	8,25	1,07
0,740	0,900	3,003	10,510	5	0,756	9,49	0,740	8,60	1,02
0,813	0,850	4,754	12,718	7	0,725	10,07	0,730	8,53	0,99
0,860	0,800	6,757	15,203	15	0,634	11,50	0,700	8,57	0,905
0,892	0,750	9,009	18,018	16	0,685	8,86	0,752	8,56	0,91
0,917	0,700	11,583	21,235	21	0,637	10,01	0,730	9,55	0,87
0,932	0,667	13,493	23,585	—	—	—	—	—	—

Произведя сравнения фактических значений N с соответствующими значениями N_m, мы видим, что в первом случае для всех точек $N > N_m$, а во втором, значения $N > N_m$ имеют лишь восемь точек, очерченных на чертеже V-а кружками (см. табл. V-б)

Верхние обертывающие кривыя фактических значений $\beta_ф$ дают одинаковое приближение коэффициента $\alpha_N = \frac{\beta_ф}{\beta_N}$ к единице, так как все точки с наивысшими значениями $\beta_ф$ входят в число восьми точек, удовлетворяющих условию $N > N_m$ и во втором случае при условии $\alpha_\gamma = 0{,}80$.

Таким образом, для этого участка имеется на лицо условие приближения верхней обертывающей кривой фактических значений β_N к кривой нормальных значений (табл. V-б), почему мы должны признать, что в этом случае коэффициент скорости может, если не для всех, то для некоторых точек, определяться как функция работы с вагонами.

Однако, для решения вопроса о том, для каких именно точек коэффициент β определяется как функция N, и для каких точек как функция γ, мы должны остановиться на той или другой из построенных нами кривых N_m.

Первая кривая, при условии $\alpha_\gamma = 1{,}0$, приводит к выводу, что вообще, для данного участка, для всех точек, коэффициент β определяется не как функция степени заполнения, а как функция работы с вагонами. Однако, для отдельных точек коэффициент α_N получается весьма низкий (0,52); в среднем же для 31 значения $\alpha_N = 0{,}84$, между тем как средний коэффициент α_N должен быть близок к единице, так как кривая β_N построена, исходя из среднего фактического значения k.

Отсюда следует, что для этих точек пониженное значение коэффициента скорости может объясняться только влиянием коэффициента заполнения; а так как этот вывод противоречит первому, вытекая из него же, то отсюда следует, что является неверным положение, что все точки фактических значений β являются функцией работы с вагонами. Следовательно, неверно построение кривой N_m основанное на допущении $\alpha_\gamma = 1$; а потому мы должны принять $\alpha_\gamma < 1$.

Если же допустить другое крайнее значение $\alpha_\gamma = 0,80$, то на основании построенной в этом допущении кривой N_m следует, что только восемь точек удовлетворяют условию $N > N_m$, при чем α_N имеет в этом случае пределы изменения 0,87—1,25, давая среднее значение $\alpha_N = 1,005$, т. е. единицу.

Таким образом, в этом случае мы не имеем никакого противоречия между основным допущением и последующими из него выводами, а, следовательно, это допущение является правильным.

Итак, окончательно, из сопоставления фактических значений коэффициента скорости $\beta_{ф}$ в плоскости рассмотрения их зависимости от степени заполнения—с одной стороны, и в зависимости от работы с вагонами—с другой, мы приходим к выводу, что предельное значение коэффициента качества работы по пропуску поездов $\alpha_\gamma = 0,80$ определено нами для данного участка вполне правильно; а во-вторых, что в зависимости от установления кривой $\beta_\gamma = \alpha_\gamma \beta_i = 0,80 \beta_i$, мы имеем, что в некоторых случаях коэффициент скорости определяется для данного участка как функция работы с вагонами; при чем мы получили, в общем, и подтверждение правильности установленной нами зависимости

$$\beta_N = \psi(N) = \frac{1}{1 + ck\ N}.$$

Некоторым противоречием, однако, самой идее нормального коэффициента, как некоего идеального предела, к которому фактические значения могут с большей или меньшей степенью приближаться, но никак его не превосходить, является превышение фактического коэффициента β_N его нормальных значений, получающихся из этой зависимости, для точек 5, 2, 4 и 3 и в особенности для последней. Но в данном случае построение кривой $\beta_N = \psi(N)$ было основано исключительно на определении значения k, которое принято нами постоянным и равным $k = 0,213$ ч.—среднему из всех его фактических значений.

Если же ввести несомненную зависимость этой величины от числа вагонов N в виде

$$k = \frac{(B+N) \pm \sqrt{(B+N)^2 - 4AC}}{2C}$$

и кривую нормальных значений β_N строить не по выражению

$$\beta_N = \frac{1}{1 + ck\,N},$$

а по формуле:

$$\beta'_N = \frac{1}{1 + c\,\frac{(B+N) \pm \sqrt{(B+N)^2 - 4AC}}{2C}\,N}$$

то мы получим повышенные значения нормальных коэффициентов β_N, при чем чем больше N, тем более будет и повышение кривой; почему, в конце концов, она может пройти не только выше фактических коэффициентов, соответствующих точкам 2 и 4, но и выше значения $\beta_3 = 0{,}752$.,

Если приравнять нормальное значение β_N при $N_3 = 17{,}84$ фактическому его значению, то имеем:

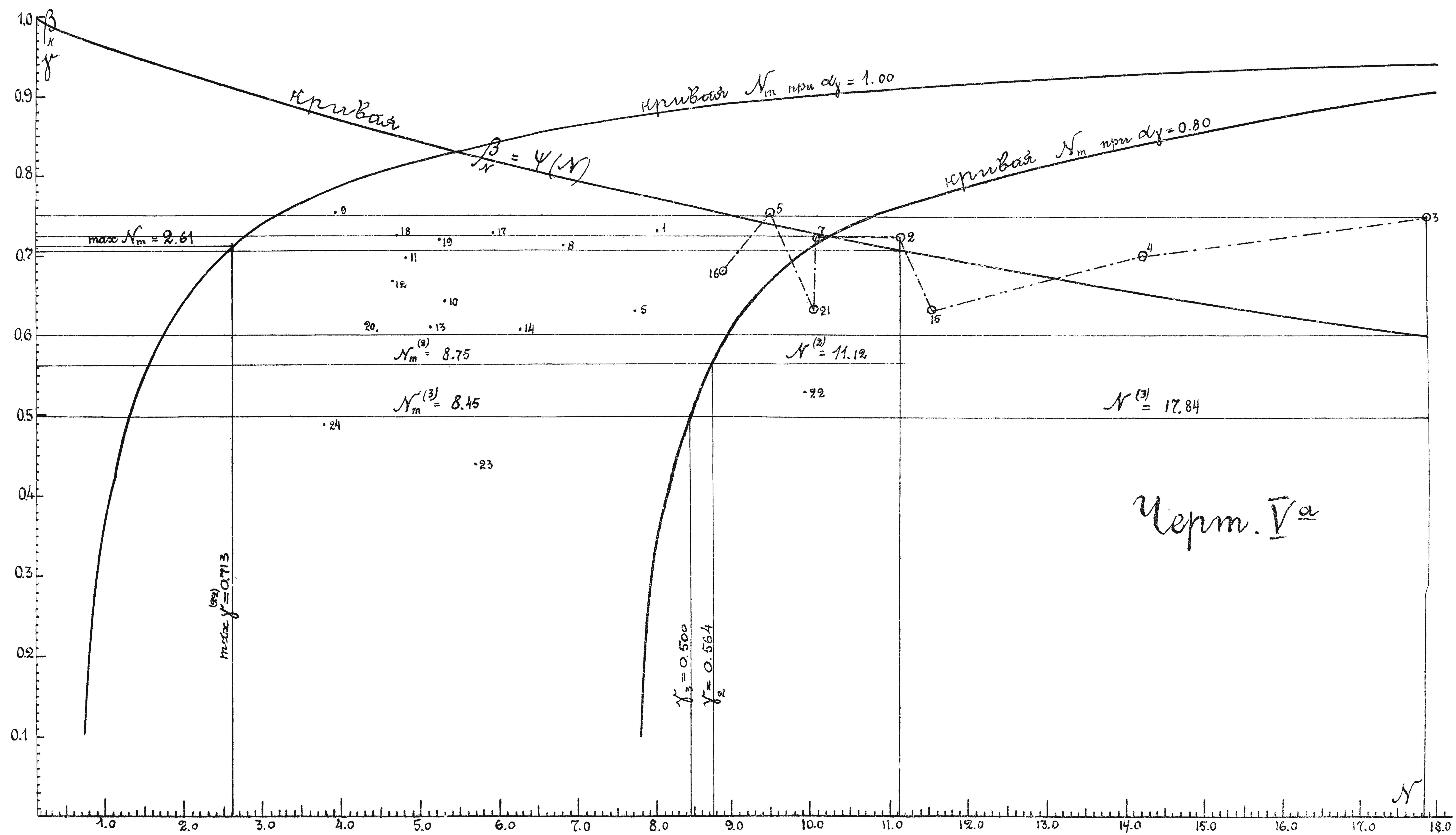
$$0{,}752 = \frac{1}{1 + 0{,}175k \cdot 17{,}84} \text{ откуда } k = 0{,}101 \text{ ч.} = 6{,}06 \text{ м.},$$

что, конечно, вполне допустимо для большой работы с вагонами, которая сосредоточена, главным образом, на одной станции этого участка.

Во всяком случае, мы видим, что для точного построения кривой $\beta_N = \psi(N)$ необходимо определение для каждого участка зависимости величины k среднего времени задержек поездов из-за работы с вагонами, приходящегося на один переработанный каждым поездом вагон, от размеров участковой работы с вагонами, выражающейся средним числом вагонов N, прицепленных и отцепленных от одного поезда.

Из-за отсутствия статистических данных мы не могли дать теперь в окончательном виде выражения этой зависимости, а, следовательно, и сделать какие-либо обобщающие выводы, как это мы могли сделать в главе III при определении зависимости коэффициента коммерческой скорости от степени заполнения графика.

Поэтому настоящая глава намечает лишь направление, в котором нужно производить разработку вопроса и для частных случаев определения зависимости коэффициента коммерческой скорости от работы с вагонами для того или другого участка и для обобщающего исследования.



Черт. $\overline{V}^{a}$

V. Нормальная скорость и ее теоретический коэффициент при двупутном движении.

Все изложенное выше в главах I—IV касалось исключительно однопутных линий; теперь же мы рассмотрим вопрос о зависимости коммерческой скорости, или ее коэффициента, от тех же элементов работы дороги, но для двупутных участков.

Установим сперва некоторые положения, вытекающие из рассмотрения графика двупутного движения. В этом случае товарные поезда параллельного графика при условии правильного выпуска их, с деповских станций через промежутки времени не меньшие времени t_{max} прохода поезда по труднейшему перегону, никаких неизбежных простоев, кроме вызываемых техническими потребностями (набор воды, топлива и осмотр) не имеют,—или, правильнее говоря, могут не иметь, так как даже запрос о пути может производиться заблаговременно, и необходимо лишь увеличение интервала между поездами на время α, благодаря которому даже на станции b, предшествующей труднейшему перегону (рис. 9), будет иметься запас времени α до прихода следующего поезда, достаточный для получения пути; на всех же других станциях этот запас будет больше на всю разницу хода по труднейшему перегону и прилегающему к данной станции, т. е. будет: $\alpha + (t_{max} - t)$.

Поэтому, как бы ни была мала работа с вагонами, но она полностью отразится на увеличении времени хода поезда по участку прибавкой к этому времени $\Sigma_N t = kN$.

С другой же стороны, различная степень заполнения параллельного графика ничуть не отразится на коэффициенте коммерческой скорости β, так как и при одном поезде и при полном заполнении коммерческая скорость V_k в идеальном случае должна быть равна ходовой скорости V_0, если в нее включить обязательные технические остановки.

Таким образом, в этом случае нам не представляется необходимым разделять вопрос на зависимость коммерческой скорости от степени заполнения, с одной стороны, и на зависимость от работы с вагонами—с другой, и нужно лишь обследовать влияние на коммерческую скорость товарных поездов наличия поездов срочных, а также перенасыщения графика.

Хотя инженер Щегловитов на стран. 178—189 своей „Теории графика движения поездов" имеет в виду исключительно однопутное движение, но так как он в то же время рассматривает отдельно влияние срочных поездов при обгонах и отдельно при скрещениях, то все сказанное им, а также и нами на стран. 13 и 14 в отношении обгонов, может быть применено и к двупутному движению, т. е. при наличии одних только обгонов, но при условии: замены времени $(t^0_{\max} + 2\alpha)$ — хода пары поездов по труднейшему перегону плюс двойной интервал — временем $(t_{\max} + \alpha)$ — хода одного поезда соответствующего направления по труднейшему перегону плюс ординарный интервал α, и рассмотрения вопроса отдельно для каждого направления двупутного движения.

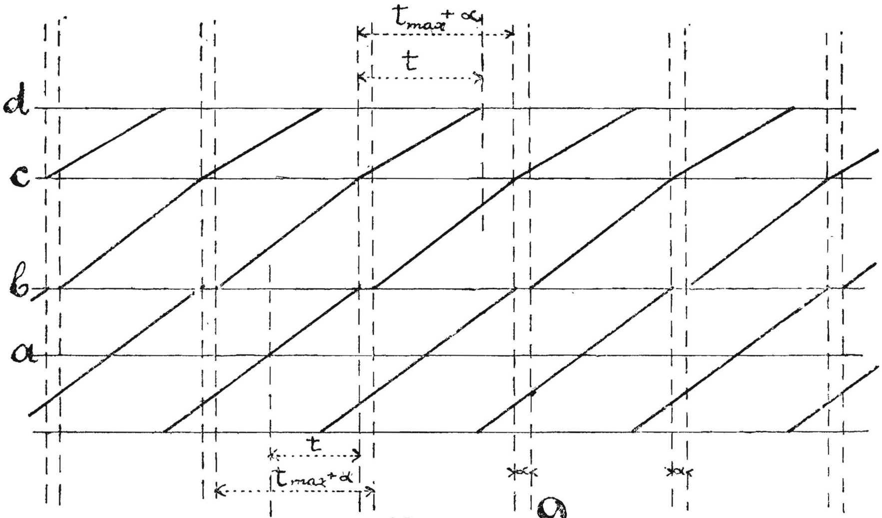


рис. 9.

Поэтому, основное число обгонов срочным поездом товарных поездов одного какого-либо направления при полном графике будет (см. стран. 179 Теории графика).

$$N^0 = \frac{T_{тов} - T_{ср.}}{t_{\max} + \alpha} = \frac{L}{t_{\max} + \alpha}\left(\frac{1}{V^0_m} - \frac{1}{V^0_{ср}}\right) = \frac{L_n}{24}\left(\frac{1}{V^0_m} - \frac{1}{V^0_{ср}}\right) = \alpha,$$

среднее же из всех возможных комбинаций число обгонов (см. выше, стран. 14) будет

$$N^0_{ср} = \alpha - \varepsilon'$$

где ε' — коэффициент влияния одного срочного поезда на пропускную способность, или, что то же, число товарных поездов, снимаемых с полнаго графика каждым срочным поездом.

Этот коэффициент ε' при двупутном движении может быть также равен нулю — при некратности суток времени $t_{\max} + \alpha$, когда срочный поезд уложится в пустое место сетки товарных поездов; но, в то же время, дополнитель-

ная задержка товарных поездов здесь, все-таки, будет (рис. 10 случ. 1, п. № 7), так как в условиях двупутного движения не может быть при неидентичности перегонов произведена передвижка товарных поездов и аннулирование задержки этих поездов срочным поездом за счет неизбежных задержек при скрещениях,— как это было возможно для однопутного движения.

Время этой дополнительной задержки товарного поезда будет колебаться от минимальной суммы времени хода срочного поезда по двум смежным перегонам, т. е. от $\min\,(t^{ср.}_{x} + t^{ср}_{x+1}) + 2\alpha$ до суммы времени хода по труднейшему перегону товарного и срочного поезда, т. е. до: $t^{тов.}_{\max} + t^{ср.}_{\max} + 2\alpha$ (рис. 10, п. № 13), причем пределы этой задержки будут одинаковы, как для полного, так и частичного заполнения графика.

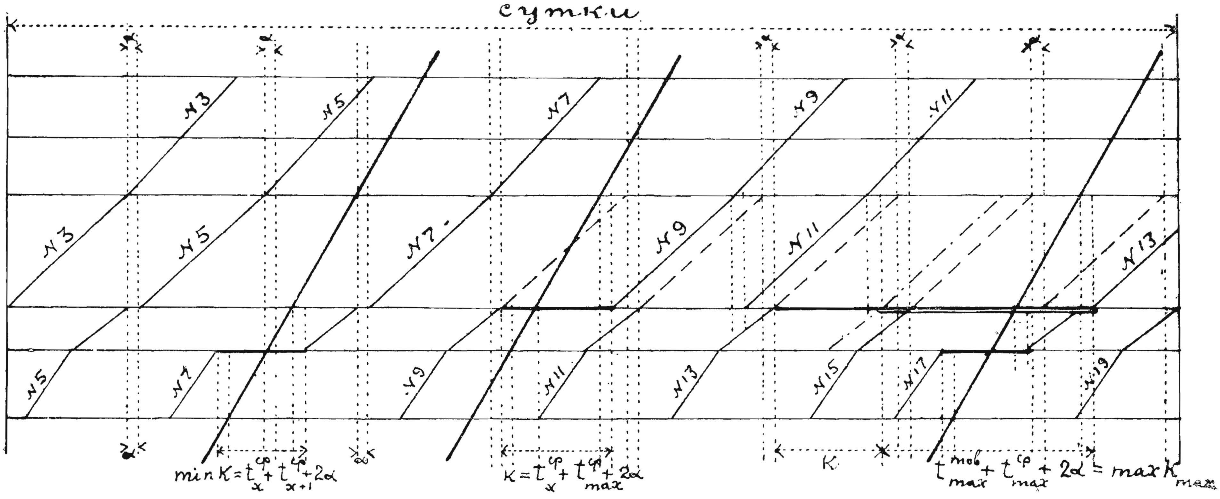


рис. 10.

Однако, для неполного заполнения графика, при возможности регулировки выпуска поездов с начальной деповской станции участка, высшее предельное значение задержки перед труднейшим перегоном $\max\,k_{\max} = t^{тов}_{\max} + t^{ср}_{\max} + 2\alpha$ должно быть отброшено, как указывающее на неорганизованность движения, почему для этого перегона задержка должна быть принята минимальная $t^{ср}_{\max} + t^{ср} + 2\alpha$; для других же перегонов время задержки будет колебаться в пределах от

$$\min\,k_{\min} = t^{ср}_{x} + t^{ср}_{x+1} + 2\alpha \text{ до } \max\,k = t^{ср.}_{x} + t^{тов.}_{x+1} + 2\alpha,$$

причем, чем слабее движение, тем более величина задержки должна приближаться к своему минимальному пределу.

Для полного графика двупутного движения определить теоретически вполне точно величину задержки товарных поездов при обгонах, как то было сделано для однопутного движения, хотя бы при условии идентичности перегонов, не

представляется возможным, так как, с одной стороны, она зависит от конфигурации графика срочных поездов и расположения перегонов, — с другой же стороны, здесь не представляется необходимым задерживать товарный поезд после прибытия срочного на следующую станцию, как неизбежно было при однопутном движении задерживать на полную величину $t^0_{\max} + 2\alpha$.

Поэтому, для вывода формулы коммерческой скорости при двупутном движении при полном графике необходимо остановиться на каком-то среднем возможном значении задержки товарных поездов при обгонах срочными поездами.

Как мы указали выше, пределы задержки товарных поездов при обгоне перед максимальным перегоном будут

$$\left.\begin{aligned} \max k_{\max} &= t^{тов}_{\max} + t^{ср}_{\max} + 2\alpha \\ k_{\max} &= t^{ср}_{x} + t^{ср}_{\max} + 2\alpha \end{aligned}\right\} \quad \text{среднее значение: } k_{\max} = \frac{t^{тов}_{\max} + t^{ср}_{x}}{2} + t^{ср}_{\max} + 2\alpha$$

и перед любым остальным:

$$\left.\begin{aligned} \min k_{\min} &= t^{ср}_{x} + t^{ср}_{x+1} + 2\alpha \\ k_{\min} &= t^{тов}_{x+1} + t^{ср}_{x+1} + 2\alpha \end{aligned}\right\} \quad \text{среднее значение: } k_{\min} = \frac{t^{тов}_{x+1} + t^{ср}_{x}}{2} + t^{ср}_{x+1} + 2\alpha$$

Среднее же между этими двумя средними значениями, допуская замену $(x+1)$ на x:

$$k_{сред.} = \left[\frac{t^{тов}_{\max} + t^{ср}_{x} + t^{тов}_{x} + t^{ср}_{x}}{2} + t^{ср}_{\max} + t^{ср}_{x} + 4\alpha\right] : 2 =$$

$$= \frac{(t^{тов}_{\max} + \alpha) + (t^{тов}_{x} + \alpha) + 2\,(t^{ср}_{\max} + \alpha)}{4} + (t^{ср}_{x} + \alpha)$$

Вводя прежнее обозначение

$$\frac{t^{ср}_{\max} + \alpha}{t^{тов}_{\max} + \alpha} = \Delta$$

при чем и в этом случае, как увидим ниже, Δ будет коэффиціентом влияния срочного поезда на пропускную способность при неполном заполнении графика, имеем:

$$k_{сред.} = \frac{(1 + 2\Delta)\left(t^{тов}_{\max} + \alpha\right) + \left(t^{тов}_{x} + \alpha\right)}{4} + \left(t^{ср}_{x} + \alpha\right)$$

Заменяя для упрощения формулы:

$$\left(t^{тов}_{x} + \alpha\right) \text{ через } \left(t^{тов}_{\max} + \alpha\right)$$

и $\left(t^{ср}_{x} + \alpha\right)$ через $\left(t^{ср}_{\max} + \alpha\right)$,

что дает некоторое увеличение значения средней задержки при обгоне, имеем:

$$k_{сред.} = \frac{1+\Delta}{2}\left(t^{тов}_{\max} + \alpha\right) + \Delta\left(t^{тов}_{\max} + \alpha\right) = \left(\frac{1+\Delta}{2} + \Delta\right)\left(t^{тов}_{\max} + \alpha\right) = \frac{12\,(1+3\,\Delta)}{n}$$

ибо

$$\left(t^{тов}_{\max} + \alpha\right) n = 24.$$

Так как, далее, среднее число обгонов каждым срочным поездом есть $N^0{}_{ср} = a - \varepsilon'$, то среднее время задержки каждого из $(n - \varepsilon' n')$ товарных поездов n' срочными поездами будет:

$$\Sigma K = k_{сред.} \cdot \frac{(a-\varepsilon')\,n'}{n - \varepsilon' n'} = \frac{12\,(1+3\Delta)}{n}\left[\frac{Ln}{24}\left(\frac{1}{V^0{}_{тов}} - \frac{1}{V^0{}_{ср}}\right) - \varepsilon'\right]\frac{n'}{n' - \varepsilon' n'}$$

Если принять для простоты

$$\frac{T_{тов}}{T_{ср}} = \frac{t^{тов}_{\max} + \alpha}{t^{ср}_{\max} + \alpha} = \frac{1}{\Delta}$$

то

$$T_{тов} - T_{ср} = L\left(\frac{1}{V^0{}_{тов}} - \frac{1}{V^0{}_{ср}}\right) = T_{тов}\,(1-\Delta) = \frac{L}{V^0{}_{тов}}\,(1-\Delta)$$

а следовательно

$$\Sigma K = \frac{12\,(1+3\Delta)}{n}\left[\frac{n}{24}\cdot\frac{L}{V^0{}_{тов}}\,(1-\Delta) - \varepsilon'\right]\frac{n'}{n - \varepsilon' n'} =$$

$$= \left[\frac{L}{2\,V^0{}_{тов}}\,(1-\Delta) - \frac{12\varepsilon'}{n}\right]\frac{(1+3\Delta)\,n'}{n - \varepsilon' n'}$$

При нанесении на график одного лишнего сверх $(n - \varepsilon' n')$ товарного поезда, т. е. поезда, перерезаемого срочным на труднейшем перегоне, он будет иметь задержку при обгоне в пределах от $k_{\max} = t^{ср}_{x} + t^{ср}_{\max} + 2\alpha$ (рис. 10 п. № 9) до max $k_{\max} = t^{тов}_{\max} + t^{ср}_{\max} + 2\alpha$ (рис. 10 п. № 13), при чем все последующие поезда будут задержаны на тот же промежуток времени.

Так, на графике, изображенном на рис. 10, п. № 11 имеет задержку $k = t^{ср}_{x} + t^{ср}_{\max} + 2\alpha$, на которую был задержан п. № 9; п. № 13 имеет задержку, равную сумме двух задержек: поезда № 9—$k = t^{ср}_{x} + t^{ср}_{\max} + 2\alpha$ и задержки обгоном второго срочного поезда, равной max $k_{\max} = t^{тов}_{\max} + t^{ср}_{\max} + 2\alpha$, т. е. $\Sigma K = t^{ср}_{x} + 2\,t^{ср}_{\max} + t^{тов}_{\max} + 4\alpha$, при чем все последующие товарные поезда (№ 15, № 17 и т. д.) будут иметь такую же величину задержки.

Следовательно, среднее время задержки каждого товарного поезда от нанесения каждого лишнего сверх $(n - \varepsilon' n')$ товарного поезда будет:

$$k'_{сред.} = \frac{\left(t^{ср}_{x} + t^{ср}_{\max} + 2\alpha + t^{тов}_{\max} + t^{ср}_{\max} + 2\alpha\right)}{2} = \frac{t^{ср}_{x} + t^{тов}_{\max}}{2} + t^{ср}_{\max} + 2\alpha$$

или заменяя $\overset{cp}{t}_x$ через $\overset{cp}{t}_{\max}$

$$k'_{сред.} = \frac{1}{2}\overset{mos}{t}_{\max} + \frac{3}{2}\overset{cp}{t}_{\max} + 2\alpha = \frac{1}{2}\left(\overset{mos}{t}_{\max} + \alpha\right) + \frac{3}{2}\left(\overset{cp}{t}_{\max} + \alpha\right) =$$

$$= \left(\frac{1}{2} + \frac{3}{2}\Delta\right)\left(\overset{mos}{t}_{\max} + \alpha\right) = \frac{12(1+3\Delta)}{n}$$

Следовательно, время задержки каждого товарного поезда от нанесения n'' излишних товарных поездов будет:

$$\Sigma K' = \frac{12(1+3\Delta)n''}{n}$$

Таким образом, коммерческая скорость товарных поездов при n' срочных поездах и n'' излишних сверх $(n - \varepsilon' n')$ товарных будет:

$$V_k = \frac{L}{T_{mos} + \Sigma K + \Sigma K'} = \frac{L}{\dfrac{L}{V^0_{mos}} + (m-1)\alpha + \dfrac{(1+3\Delta)n'}{n-\varepsilon' n'}\left[\dfrac{L}{2V^0_{mos}}(1-\Delta) - \dfrac{12\varepsilon'}{n}\right] + \dfrac{12n''(1+3\Delta)}{n}}$$

так как $n'' = (\gamma_0 - 1)n$ и $\beta = \dfrac{V_k}{V^0_{mos}}$, то

$$\beta_0 = \frac{L}{L + (m-1)\alpha V_0 + \dfrac{(1+3\Delta)n'}{n-\varepsilon' n'}\left[\dfrac{L}{2}(1-\Delta) - \dfrac{12\varepsilon' V^0_{mos}}{n}\right] + 12(1+3\Delta)V^0_{mos}(\gamma_0 - 1)} =$$

$$= \frac{L}{L + \Big[(m-1)\alpha - 12(1+3\Delta)\Big]V^0_{mos} + \dfrac{(1+3\Delta)n'}{n-\varepsilon' n'}\left[\dfrac{L}{2}(1-\Delta) - \dfrac{12\varepsilon' V^0_{mos}}{n}\right] + 12(1+3\Delta)V^0_{mos}\gamma_0} \quad . \; . \; (D)$$

В этой формуле независимой переменной является γ_0 и все остальные величины—постоянные; следовательно, имеем:

$$\beta_0 = \frac{A}{B + \gamma_0},$$

т. е. гиперболу, отнесенную к одной из ея ассимптот; при чем эта зависимость существует для значений $\gamma_0 \geqslant 1$.

При $\gamma < 1$, т. е. в случае неполного графика и при регулировке движения в зависимости от графика поездов срочного обращения некоторые товарные поезда могут проходить участок без всякой задержки, т. е. в период времени, свободный от срочных поездов (напр., п. № 11, на рис. 10), и тогда задержка их будет равна 0; некоторые же будут иметь задержку при обгонах, пределы которой будут, с одной стороны, $\min k_{\min} = \overset{cp}{t}_x + \overset{cp}{t}_{x+1} + 2\alpha$ и, с другой,— $\max\; k = \overset{cp}{t}_x + \overset{mos}{t}_{x+1} + 2\alpha$. Величина этой средней задержки при каждом обгоне и количество обгонов будут зависеть, при определенном числе срочных поездов и заданном их расписании, от степени заполнения графика γ, при чем коэффициентом влияния на пропускную способность каждого срочного поезда необходимо считать, как и при однопутном движении, отношение времени задержки этим поездом товарного поезда перед труднейшим перегоном ко времени прохода

того же перегона товарным поездом. А так как, как мы указали выше, при организованном движении и неполном графике максимальным пределом задержки при обгоне перед труднейшим перегоном нужно считать значение

$$k_{\max} = t_{\max}^{cp} + t_x^{cp} + 2\alpha,$$

то среднее значение этой задержки будет:

$$k_{cpe\partial} = \frac{0 + t_{\max}^{cp} + t_x^{cp} + 2\alpha}{2} = t_{\max}^{cp} + \alpha,$$

если допустить замену t_x^{cp} через $t_{\max}^{cp}$.

Следовательно, как и при однопутном ввижении

$$\Delta = \frac{t_{\max}^{cp} + \alpha}{t_{\max}^{mos} + \alpha}.$$

Таким образом, коэффициент заполнения пропускной способности γ и в этом случае должен определяться, как

$$\gamma = \frac{n_f}{n_{\max}} = \frac{n_{mos} + \Delta n'}{n_{\max}}.$$

Что же касается характера зависимости коэффициента коммерческой скорости β от этого коэффициента заполнения γ, то мы и здесь можем высказать все те априорные предположения, которые были нами высказаны в главе I при обсуждении характера кривой $\beta_\gamma = f(\gamma)$ для однопутного движения, имея только в виду, что кривая зависимости коэффициента β_0 при $\gamma \geqslant 1$ выражается для двупутного движения выведенной выше формулой (D), которую и в этом случае необходимо видоизменить, принимая во внимание разницу в значениях коэффициента γ и γ_0.

Произведя для этого такую же подстановку

$$\gamma_0 = \gamma + \frac{n'(\varepsilon' - \Delta)}{n},$$

какую мы делали для формулы (A) на стр. 22, получим:

$$\beta_0 = \frac{L}{L + V_0(m-1)\alpha + (1+3\Delta)\left\{\left[Ln(1-\Delta) - 24V_0\varepsilon'\right]\frac{n'}{2n(n-\varepsilon' n')} - 12V_0\left[1 - \frac{n'}{n}(\varepsilon' - \Delta)\right]\right\} + 12V_0(1+3\Delta)\gamma}. \quad (E)$$

Исчисленное по этой формуле значение β_0 для $\gamma = 1 - \frac{n'}{n}(\varepsilon - \Delta)$ определит нам точку кривой $\beta_\gamma = f(\gamma)$ для того же значения γ; а производная от β при

$\gamma = 1$ даст tg угла общей касательной; кроме того, мы и здесь имеем условие, что при минимальной степени заполнения графика, выражающейся значениемъ

$$\gamma_{\min} = \frac{1 + \varepsilon' n'}{n_{\max}},$$

наивысшее значение коэффициента скорости не будет равно единице, которая является лишь теоретическим пределом коэффициента β_γ, а в зависимости от сбережения времени от следования на проход по $[(m - 1) - 2]$ станциям участка, с одной стороны, и задержек по техническим потребностям самого поезда— с другой, будет равно некоторому значению $\beta_{\gamma_{\min}} < 1$.

Таким образом, если задаться, как и для однопутных участков зависимостью $\beta_\gamma = f(\gamma)$ по уравнению гиперболы, отнесенной к одной из ассимптот

$$\gamma = \frac{a + b\beta_\gamma + c\beta_\gamma{}^2}{1 - \beta_\gamma},$$

то для определения трех его коэффициентов мы будем иметь три уравнения, а, следовательно, кривая изменения идеального коэффициента скорости $\beta_i = f(\gamma)$ может быть вполне точно определена для любого участка.

При этом, однако, надо иметь в виду то, что нами оговорено для однопутныхъ участков,—именно, что значенія β_0 коэффициента скорости для полного заполнения, определенные по формуле, являются неточными и, несомненно, что и здесь необходимо определение β_0 путем построения максимального коммерческого графика каждого участка.

К сожалению, мы не имеемъ в своем распоряжении данных о фактических значенияхъ коэффициента β_{φ} для двупутных участков, а, следовательно, не можем проверить, насколько уравнения гиперболы, которыми мы задаемся для определения $\beta i = f(\gamma)$, являются действительно выражающими закон изменения коэффициента коммерческой скорости от степени заполнения графика двупутного движения, хотя бы и при введении некоторого предельного коэффициента качества α_γ.

Поэтому, мы можем лишь несколько иллюстрировать наши априорные предположения для двупутного движения путем сравнения расчетных величин в условиях двупутного и однопутного движения, предположив, что наши однопутные участки превращены в двупутные при сохранении всех остальных элементов прежними.

Построив тогда максимальные коммерческие графики для одного из направлений движения для четырех участков, будем иметь нижеследующие значения ε, V_k и β_0, помещаемые въ таблице VI.

Таблица VI.

Участки.	Максимальн. пропуск. способн. $n_{\max}$	Коэффиц. влияния срочн. поезд. ε	Степень заполнен. коммерч. графика $\gamma_\varepsilon = \Delta$ соответст. $\gamma = 1$	Коэффициент влияния срочных поездов. $\varepsilon_0 = \varepsilon \frac{n'}{n_m}$	Коммерч. скорость V_k	Коэффициент коммерческой скорости β_i при $\gamma_\varepsilon = \Delta$	Коэффициент коммерческой скорости при min γ	Коэффициент коммерческой скор. однопутн. движен.
I	37,9	1,45	0,906	0,168	20,88	0,930	0,969	0,700
IV	32,7	1,00	0,952	0,135	23,24	0,944	0,957	0,652
V	42,4	1,22	0,941	0,124	21,84	0,956	0,969	0,667
II	48,0	1,22	0,947	0,112	22,67	0,957	0,970	0,540

Значения идеального коэффициента коммерческой скорости при полном заполнении графика получаются в этом случае весьма высокими и лишь незначительно разнящимися от коэффициента скорости при minγ. Наибольшее понижение получилось для первого участка, который, таким образом, оказался наиболее невыгодным по своим техническим элементам для двупутного движения, в то время как при однопутном движении он имел наивысший коэффициент скорости при полном заполнении $\beta_0 = 0{,}700$.

Объясняется это, во первых, тем, что неидентичность перегонов для двупутного движения имеет гораздо меньше значения, так как избежать дополнительной задержки товарного поезда от обгона его срочным на каком-нибудь перегоне за счет перемещения линии его хода в пределах разности времени хода между максимальным и данным перегонами, как то было возможно при неидентичности перегонов однопутного участка, при двупутном движении—нельзя, и здесь задержка при обгоне неизбежна. Уменьшение же ее при обгоне на малом перегоне—не столь отражается на средней коммерческой скорости, как полное уничтожение этой задержки.

Во вторых, влияние на коммерческую скорость той относительной свободы на графике, получающейся вследствие снятия $\varepsilon n'$ товарных поездов n' срочными поездами, которая при однопутном движении давала возможность прокладки некоторых линий товарных поездов в получающихся интервалах графика с ускорением хода в сравнении с максимальным параллельным графиком,—для двупутного движения оказывается обратным, так как она, ничуть не уменьшая неизбежных задержек при обгонах, обусловливает бóльшее отношение числа поездов, имеющих эти задержки, к общему числу поездов и, таким образом, отражается на средней коммерческой скорости всех уложившихся на графике поездов.

выводы из нее, сделанные инженером М. И. Васильевым, утверждавшим *), что для поднятия коммерческой скорости выгодно некоторое уменьшение состава, хотя и ошибочно обобщившим свои выводы и для однопутных дорог.

Что же касается коэффициента качества α_γ, то не представляется оснований считать его меньшим значения $\alpha_\gamma = 0{,}80$, определившимся для коэффициента скорости однопутных участков и намечающимся как некоторый общий коэффициент полезного действия железной дороги как механизма, в особенности имея в виду, что двупутное движение в сравнении с однопутным является более совершенным технически, т. е. в этом случае имеется как бы усовершенствованный механизм, от которого естественно нужно ожидать и более высокого значения коэффициента полезного действия.

---

*) Доклад его. „К вопросу о нуждаемости русских железных дорог в товарных вагонах и мѣрах к ее удовлетворению“, читанный 13/III—15 года въ собрании И. П. С.

Таблица № 1.

$n_{\max} = 18{,}0 \qquad V_0 = 22{,}45$

№№ точек на чертеже.	Число пар поездов n.	Коэффициент заполнения γ.	Коммерческая скорость V_k.	Коэффициент коммерческой скорости β.	Число переработанных вагонов N
1	13,24	0,735	14,44	0,643	3,55
2	14,71	0,817	15,16	0,675	3,85
3	11,95	0,664	15,03	0,674	4,35
4	12,13	0,674	14,31	0,637	3,54
5	12,36	0,686	15,58	0,694	3,03
6	12,97	0,720	16,16	0,719	2,85
7	13,16	0,731	16,08	0,726	3,48
8	12,88	0,716	15,74	0,701	4,42
9	12,39	0,688	16,15	0,719	4,09
10	14,25	0,792	14,67	0,653	4,04
11	8,32	0,462	14,72	0,656	4,44
12	12,15	0,675	13,92	0,620	5,09
13	12,14	0,675	14,48	0,645	2,55
14	13,73	0,762	13,97	0,622	3,26
15	12,27	0,682	13,44	0,599	3,85
16	12,47	0,693	15,29	0,681	4,01
17	12,86	0,715	14,69	0,654	2,17
18	13,26	0,737	15,10	0,673	3,80
19	13,63	0,757	15,31	0,682	4,85
20	13,83	0,768	14,42	0,642	5,00
21	16,00	0,888	12,73	0,567	6,37
22	15.24	0,847	12,87	0,573	3,77
23	13,88	0,771	11,82	0,526	5,72
24	12,39	0,690	13,44	0,599	4,82
25	11,18	0,621	13,92	0,620	5,09
26	12,18	0,677	13,92	0,620	5,09
27	13,33	0,741	13,92	0,620	5,09
28	13,33	0,741	14,67	0,653	4,04
29	14,83	0,824	14,67	0,653	4,04
30	14,23	0,790	14,67	0,653	4,04
31	12,83	0,712	15,74	0,701	4,42
32	12,98	0,721	15,74	0,701	4,42
33	12,93	0,721	15,74	0,701	4,42
34	13,33	0,741	16,16	0,719	2,85
35	13,03	0,724	16,16	0,719	2,85

Таблица № 2.

$n_{max} = 23,50 \qquad V_0 = 23,70$

№№ точек на чертеже.	Число пар поездов n.	Коэффициент заполнения γ.	Коммерческая скорость V_k.	Коэффициент коммерческой скорости β.	Число переработанных вагонов N.
1	13,59	0,580	14,44	0,613	3,43
2	15,07	0,641	15,16	0,640	3,70
3	12,27	0,522	15,03	0,634	4,19
4	11,53	0,490	14,31	0,604	3,79
5	11,75	0,500	15,58	0,657	3,25
6	12,33	0,525	16,16	0,682	3,04
7	12,53	0,533	16,08	0,678	3,70
8	12,25	0,521	15,74	0,664	4,72
9	11,79	0,502	16,15	0,681	4,20
10	14,61	0,621	14,67	0,619	3,91
11	8,56	0,364	14,72	0,621	4,25
12	12,46	0,530	13,92	0,587	4,92
13	12,49	0,531	14,48	0,611	2,45
14	14,09	0,600	13,97	0,590	3,15
15	12,59	0,536	13,44	0,567	3,66
16	12,86	0,547	15,29	0,636	3,68
17	12,23	0,529	14,69	0,620	2,32
18	12,62	0,537	15,10	0,628	4,05
19	13,00	0,552	15,31	0,646	5,17
20	13,17	0,560	14,42	0,608	5,32
21	15,32	0,648	12,73	0,537	6,71
22	15,61	0,651	12,87	0,543	3,66
23	14,23	0,604	11,82	0,500	5,55
24	12,72	0,561	13,44	0,567	4,66
25	10,84	0,461	13,92	0,587	4,92
26	11,83	0,503	13,92	0,587	4,92
27	13,23	0,563	13,92	0,587	4,92
28	13,83	0,590	14,67	0,619	3,91
29	14,63	0,623	14,67	0,619	3,91
30	14,63	0,623	14,67	0,619	3,91
31	12,63	0,537	15,74	0,664	4,72
32	12,63	0,537	15,74	0,664	4,72
33	12,63	0,537	15,74	0,664	4,72
34	12,63	0,537	16,16	0,682	3,04
35	12,83	0,546	16,16	0,682	3,04

Таблица № 3.

$n_{max} = 18{,}50 \qquad V_0 = 23{,}70$

№№ точек на чертеже.	Число пар поездов n.	Коэффициент заполнения γ.	Коммерческая скорость V_k.	Коэффициент коммерческой скорости β.	Число переработанных вагонов N.
1	10,73	0,580	16,31	0,688	2,34
2	11,84	0,640	15,42	0,651	3,00
3	10,60	0,573	15,86	0,699	2,28
4	11,70	0,632	15,03	0,634	2,47
5	12,68	0,685	16,00	0,675	1,29
6	13,20	0,713	15,40	0,650	2,29
7	13,18	0,712	16,21	0,684	1,77
8	13,29	0,718	16,53	0,697	1,43
9	11,30	0,611	16,97	0,716	1.37
10	14,05	0,759	14,88	0,628	1,58
11	11,76	0,636	14,95	0,631	1,98
12	11,81	0,638	14,62	0,617	2,11
13	11,81	0,638	14,62	0,617	1,58
14	12,64	0,683	13,78	0,581	2,54
15	11,93	0,645	13,64	0,575	2,09
16	13,39	0,724	16,06	0,678	2,44
17	13,65	0,738	15,66	0,661	1,51
18	14,18	0,766	16,09	0,679	1,39
19	13,77	0,744	16,60	0,700	1,39
20	14,48	0,783	16,15	0,681	1,13
21	13,69	0,740	12,56	0,530	4,02
22	14,00	0,757	12,49	0,527	4,74
23	13,06	0,706	11,85	0,500	1,90
24	13,38	0,723	11,95	0,504	1,97
25	11,00	0,595	13,81	0,583	2,11
26	11,31	0,611	13,81	0,583	2,11
27	12,93	0,699	13,81	0,583	2,11
28	13,23	0,715	13,92	0,587	1,58
29	14,43	0,780	13,92	0,587	1,58
30	15,23	0,823	13,92	0,587	1,58
31	12,43	0,672	16,41	0,692	1,43
32	12,53	0,677	16,41	0,692	1,43
33	12,43	0,672	16,41	0,692	1,43
34	14,23	0,769	16,46	0,694	2,29
35	14,88	0,804	16,46	0,694	2,29
36	12,63	0,683	16,46	0,694	2,29

Таблица № 4.

$n_{max} = 16{,}50 \qquad V_0 = 24{,}60$

№№ точек на чертеже.	Число пар поездов n.	Коэффициент заполнения γ.	Коммерческая скорость V_k.	Коэффициент коммерческой скорости β.	Число переработанных вагонов N.
1	9,66	0,585	16,74	0,680	0,76
2	12,39	0,751	16,58	0,674	1,58
3	9,54	0,578	17,18	0,698	2,36
4	10,82	0,656	16,04	0,652	1,53
5	12,03	0,729	17,26	0,702	0,75
6	11,63	0,705	14,43	0,586	0,82
7	11,74	0,711	16,55	0,673	1,19
8	11,82	0,716	16,32	0,663	0,61
9	10,54	0,639	17,23	0,700	0,47
10	12,85	0,779	14,80	0,602	0,99
11	10,82	0,656	15,28	0,621	1,35
12	11,05	0,670	15,31	0,622	1,40
13	11,07	0,671	13,97	0,568	0,87
14	12,27	0,744	13,71	0,557	1,02
15	10,59	0,642	14,47	0,588	1,52
16	10,66	0,646	15,64	0,636	1,58
17	12,09	0,733	16,67	0,677	0,60
18	11,88	0,720	16,61	0,675	0,57
19	12,23	0,741	16,60	0,675	0,49
20	13,19	0,799	16,15	0,657	0,31
21	13,24	0,802	12,56	0,510	1,22
22	14,09	0,854	12,49	0,508	1,11
23	12,57	0,762	11,85	0,482	1,36
24	12,68	0,762	11,95	0,486	0,47
25	9,58	0,581	15,31	0,622	1,40
26	10,69	0,648	15,31	0,622	1,40
27	12,33	0,747	15,31	0,622	1,40
28	12,28	0,744	14,80	0,602	0,99
29	13,33	0,808	14,80	0,602	0,99
30	13,63	0,826	14,80	0,602	0,99
31	11,83	0,717	16,32	0,663	0,61
32	12,28	0,744	16,32	0,663	0,61
33	10,83	0,656	16,32	0,663	0,61
34	12,93	0,784	14,43	0,587	1,82
35	13,03	0,790	14,43	0,587	0,82
36	10,86	0,656	14,43	0,587	0,82

Таблица № 5.

$n_{\max} = 20{,}00 \qquad V_0 = 22{,}83$

№№ точек на чертеже.	Число пар поездов n.	Коэффициент заполнения γ.	Коммерческая скорость V_k.	Коэффициент коммерческой скорости γ.	Число переработанных вагонов N.	N_m при $\alpha_\gamma = 0{,}8$	β_N	α_N
1	10,45	0,522	16,74	0,733	8,01	—	0,770	0,95
2	11,28	0,564	16,58	0,726	11,12	8,75	0,705	1,03
3	10,00	0,500	17,18	0,752	17,84	8,45	0,602	1,25
4	9,89	0,444	16,04	0,702	14,20	8,25	0,655	1,07
5	10,66	0,533	17,23	0,756	9,49	8,60	0,740	1,02
6	10,31	0,510	14,43	0,632	7,75	—	0,777	0,81
7	10,41	0,520	16,55	0,725	10,07	8,53	0,730	0,99
8	12,21	0,610	16,32	0,715	6,81	—	0,800	0,89
9	10,71	0,530	17,23	0,755	3,91	—	0,875	0,86
10	12,63	0,631	14,80	0,648	5,33	—	0,833	0,78
11	10,63	0,531	15,28	0,699	4,82	—	0,848	0,82
12	10,80	0,540	15,31	0,671	4,69	—	0,850	0,79
13	10,68	0,534	13,97	0,612	5,15	—	0,838	0,73
14	12,36	0,618	13,71	0,600	6,27	—	0,810	0,74
15	10,63	0,531	14,47	0,634	11,50	8,57	0,700	0,905
16	10,59	0,529	15,64	0,685	8,86	8,56	0,752	0,91
17	10,81	0,540	16,67	0,730	5,95	—	0,820	0,89
18	10,76	0,538	16,61	0,727	4,72	—	0,848	0,85
19	10,96	0,548	16,50	0,723	5,26	—	0,835	0,86
20	12,26	0,613	13,90	0,609	4,49	—	0,857	0,71
21	13,38	0,669	14,54	0,637	10,01	9,55	0,730	0,87
22	14,26	0,713	12,12	0,531	9,96	—	0,731	0,72
23	12,70	0,635	9,92	0,434	5,71	—	0,825	0,52
24	12,94	0,647	11,09	0,486	3,80	—	0,877	0,55
25	9,63	0,481	15,31	0,671	4,69	—	0,850	0,79
26	10,44	0,522	15,31	0,671	4,69	—	0,850	0,79
27	11,93	0,596	15,31	0,671	4,69	—	0,850	0,79
28	12,43	0,621	14,80	0,648	5,33	—	0,833	0,78
29	13,13	0,656	14,80	0,648	5,33	—	0,833	0,78
30	13,43	0,671	14,80	0,648	5,33	—	0,833	0,78
31	11,73	0,586	16,32	0,715	6,81	—	0,800	0,89

I участокъ

II участокъ

III участокъ

IV участокъ.