Записки Ленинградского Горного Института, том. XIII, вып. 2, 1940
Annales de l'Institut des Mines [illegible], t. XIII, liv. 2, 1940

ЛЕНИНГРАДСКИЙ ГОРНЫЙ ИНСТИТУТ ГЛАВНАЯ БИБЛИОТЕКА

Критические замечания об одном методе определения необходимой мощности генераторов энергии [1]

Аспирант *Н. В. Филатов*

Kritische Bemerkungen über eine Methode der Bestimmung der erforderlichen Generatorenleistung

Aspir. *N. W. Filatow*

Стремления к все более интенсивному использованию механизмов на наших социалистических предприятиях выдвигают настоятельное требование учитыватх при расчетах генерирующих станций все эксплоатационные характеристики каждого механизма в отдельности и характер расхода энергии всем комплексом потребителей.

Имея в значительном количестве материалы по индивидуальной работе машин, а иногда и эмпирические данные по расходу энергии целыми группами (кривые, коэфициенты и т. п.), инженеры нередко подходили к расчетам, или строя графики возможного потребления для наиболее неблагоприятных и средних условий работы, или прямо пользуясь эмпирическими данными относительно работы групп.

Недостатком этих способов является то, что в первом случае, проектировщики, не зная меры возможностей появления принятых для расчетов картин потребления, часто или завышали мощности генераторов, создавая тем никому неизвестный резерв, или занижали ее, ограничивая этим производительность механизмов; во втором случае они неизбежно переносили на новые условия всю особенность органазации тех предприятий, на которых были получены эмпирические материалы по работе группы.

Учитывая недостаточность таких способов расчета, специалисты стали прибегать к методу инженера технолога Смирнова Н. Н., опубликованному в статье „Теоретическое обоснование расчета группового оборудования" в Сборнике Гипронемета №№ 1 и 2 издания 1932 г., ожидая получить при этом теоретически обоснованные результаты.

С течением времени ввиду того, что и для экспертов, проверяющих проекты, расчеты по этому методу оказались вполне убедительными, популярность статьи еще более увеличилась. Особенно большое распространение этот метод получил у горняков-пневматиков, для которых автор после исследования работы обезличенных приборов привел два примерных расчета. Ввиду этого со времени опубликования статьи запроектировано достаточно большое количество компрессорных станций для вновь строящихся рудников.

Между тем при детальном рассмотрении этой работы мы выявили в ней целый ряд чрезвычайно существенных ошибок, делающих использование ее невозможным.

[1] Статья написана под редакцией проф. А. М. Журавского.

Основная идея, из которой исходит автор при разработке своего метода, состоит в следующем. Он полагает, что если эмпирические таблицы и кривые, как, например, кривая Пиля [1] — отвечают только частным условиям, то, найдя основные признаки, отличающие эти условия друг от друга, можно будет теоретически построить ряд кривых, подобных кривой Пиля, но подсчитанных для разных частных случаев. Такими признаками в статье считаются коэфициент использования рабочего времени (к. и. р. в.) и коэфициент неравномерности работы приборов (к. н. р.), отысканию которых и посвящается статья.

„. . . все имеющиеся в нашем распоряжении графики и таблицы, составленные из данных по наблюдению за групповой работой приборов, но не указывающие на те условия, для коих они составлены, будут давать верные данные тогда и только тогда, когда случайно условия работы наших приборов совпадут с теми, для которых кривые эти составлены. Во всех других случаях данные, получаемые по этим кривым, будут ошибочны . . .

Между тем как коэфициент одновременности, так и коэфициент неравномерности являются, вообще говоя, величинами вполне реальными и математически определимыми, почему постараемся в нижеизлагаемой теории расчета группового оборудования дать ясную формулировку понятия, что определяет собою каждый из этих коэфициентов и вывести численные величины для каждого из них, пользуясь данными математического анализа". (Сб. Гипронемета № 1, стр. 32).

Ошибочность такого предположения состоит в том, что подобные величины, хотя и являются реальными, но далеко не полностью отражают различные картины работ. И если Пиль, беря два из признаков — то, что работают бурильные молотки (а не что либо другое) и что их работает количество n, — мог правильно для своего времени отразить одной эмпирической кривой также и другие особенности организационного, экономического и технического порядка, то никакие другие кривые, полученные только на основании одного или двух коэфициентов, не могут отразить всего этого. В этом заключается одно из самых главных упущений рассматриваемой статьи.

Для большей убедительности этих соображений рассмотрим такой пример (табл. 1).

Таблица 1

Тип механизмов	Время цикла в минуту		Коэф. исп. рабоч. врем. $\delta = \frac{t_р}{t_р + t_0}$	Коэф. одновр. φ по Смирнову	Примечание
	Период непрерывной работы $t_р$	Период непрерывного простоя t_0			
A	3	1	0,75	0,95—10	Машины работают равномерно всю смену — 7 часов, число каждого типа $n = 15$
B	6	2	0,75	„ „	
C	9	3	0,75	„ „	
D	21	7	0,75	„ „	

Несколько групп различных типов механизмов имеют различные эксплоатационные характеристики. Казалось бы, что результаты расчетов должны разниться друг от друга. Однако по кривым Смирнова (стр. 50 Сб. Гипронемента № 1) все группы получают один и тот же коэфициент одновременности. Это свидетельствует о том, что никакого отражения качественной стороны работы группы в них не имеется.

Между тем очевидно, что пики наибольшего расходования энергии от группы *D* будут значительно более ощутительны для генераторов и сети, чем пики от

[1] Кривая Пиля дает величины коэфициента одновременности работы бурильных молотков, как функцию от их количества (справочник Пиля, изд. 1927 г., стр. 1292). В настоящее время эта кривая, ввиду изменившихся условий, не может быть рекомендована для расчета.

группы A, так как они будут более продолжительны. Кроме того, в зависимости от количества потребления энергии каждой единицей, не во всех случаях можно пойти на одинаковое срезывание пик расхода, которое получается при расчете по такому методу коэфициента одновременности. Величина такого срезывания пик зависит: от абсолютной цифры потребления, от влияния этого срезывания на производительность механизмов, от характеристик машин и прочих возможностей. Естественно, что всего этого отвлеченные кривые учесть не могут.

Предположим далее, что машины установлены на бо́льшую производительность, чем это требуется — с резервом, тогда кроме неизбежных простоев t_0, зависящих от условий работы механизмов, будут иметь место также простои (назовем их непроизводительными), являющиеся следствием быстрого выполнения задания.

Очевидно, что эти простои машин могут иметь место не только равномерно после каждого цикла (что в большинстве указывает на неуплотненность рабочего дня и должно быть выявлено для устранения), но они могут быть также и через довольно длительные промежутки времени, в пределах которых периодичность циклов $t_р + t_0$ не будет нарушаться.

Таблица 2

Тип механизмов	Время цикла в минуту: Период непрерывн. раб. $t_р$	Время цикла в минуту: Период непрерывн. паузы t_0	Через какие промежутки появляются непроизвод. простои мин.	Средн. продолжительность непроизвод. простоев θ мин.	Коэфициент использов. рабочего врем. δ	Коэф. одновр. по Смирнову φ	Примечание
A	3	1	24	36	0,3	0,38—0,47	Предполагается, что перерывы повторяются равномерно в течение 7-часовой смены, число каждого типа $n=15$
B	6	2	48	72	0,3	„	
C	9	3	72	108	0,3	„	
D	21	7	168	256	0,3	„	

Например, бурозаправочный станок, периодически включаясь и выключаясь через периоды, приблизительно равные $t_р$ и t_0, работает до тех пор, пока не будет заправлена вся партия буров, которую для этого доставили; затем, ввиду отсутствия работы, станок будет остановлен до получения новой партии буров и т. д. Иной организации работы (искусственного растягивания циклов) кузнец не будет делать, так как она явно нерациональна.

Но в расчете по методу Смирнова коэфициент одновременности (к. о.) получается при любых условиях работы механизмов одной и той же группы таким же, как и в случае, когда непроизводительные простои распределены по всем циклам равномерно. Это обстоятельство послужило причиной тому, что коэфициент одновременности в табл. 2, в которой приняты различные паузы θ в работе машин, оказался меньше коэфициента одновременности в табл. 1. Между тем, в работе механизмов фактически ничего не изменилось. Во всех случаях они будут работать с периодически повторяющимися циклами $t_р + t_0$, поэтому в рабочие периоды потребление энергии группой будет тем же, что и в случае табл. 1.

Это свидетельствует о том, что подобный метод не может претендовать на универсальность.

Анализ работы единичного прибора в статье начинается с того, что берется величина отрезка времени T, в котором происходит смена двух режимов: 1) периода непрерывного потребления энергии t и 2) времени $T - t$, когда не происходит такого потребления. Для простоты сумму этих периодов назовем циклом работы потребителя. Первый период в нем называется временем работы прибора,

а пауза — простоем; причем последняя учитывает всевозможные остановки: как перерывы, обусловленные технологическими причинами, так и простои от неполной загрузки механизмов.

„Так как простойные промежутки времени сказываются на уменьшении производительно использованного рабочего времени за рассматриваемый промежуток (час, смена, сутки и т. д., *Н. Ф.*), то в нашем изложении будут приняты два уже существующих понятия, а именно чистое время работы и коэфициент использования рабочего времени.

Под чистым временем работы мы будем понимать часть рассматриваемого промежутка времени, производительно использованного машиной или прибором для выполнения работы.

Под коэфициентом использования рабочего времени δ мы будем понимать отношение численной величины чистого времени работы t к таковой же величине общего рассматриваемого промежутка времени T, т. е.

$$\delta = \frac{t}{T}$$

причем в зависимости от величины простойного промежутка времени величина δ изменяется от 0 до 1". (Сб. Гипронемета № 1, стр. 32).

Далее, беря среднюю арифметическую величину отношения времени чистой работы за один цикл ко времени всего такого цикла при бесконечном числе слагаемых, автор статьи определяет коэфициент использования рабочего времени $\delta = \frac{t}{T}$ (стр. 32—33 Сб. Гипронемета, № 1), что совпадает с общепринятым представлением этого коэфициента для смены (суток, часа и т. д.):

$$\delta = \frac{\sum t_{\text{р}}}{T_{\text{см}}},$$

где $\sum t_{\text{р}}$ сумма всех чистых периодов работы за смену, а $T_{\text{см}}$ — продолжительность смены.

„Таким образом, при работе любого прибора или машины в течение ряда равных по времени промежутков для каждого из них мы получим, вообще говоря, разных величины простойных промежутков, а следовательно и разные величины коэфициентов использования рабочего времени δ, т. е.

$$\delta_1 \neq \delta_2 \neq \delta_3 \ldots \neq \delta_k.$$

Ввиду того, что каждая из полученных величин δ_1, δ_2, δ_3 ... δ_k получена нами независимо одна от другой в разное время, истинную величину коэфициента использования рабочего времени для рассматриваемого прибора или машины мы можем найти как среднюю арифметическую величину при условии, что число наблюдений k стремится к бесконечности:

$$\delta_0 = \text{пред.} \left[\frac{\delta_1 + \delta_2 + \delta_3 + \ldots + \delta_k}{k} \right] \text{ при } k = \infty\text{"} \text{ (стр. 33).}$$

Наконец, определяются точки для теоретических кривых. Для этого находятся математические ожидания отдельных мгновений работы однотипных приборов при одинаковом к. и. р. в. и случайном положении периода работы в течение отрезка времени T.

„... при изучении работы одиночного прибора мы установили, что распределение за некоторый промежуток времени рабочих и простойных промежутков времени не поддается никакой системе, и появление простоя или работы прибора относится к числу случайностей, ..." (Сб. Гипронемета № 1, стр. 35).

„... вопрос о нахождении наивероятнейшей комбинации численных соотношений между m числом работающих приборов и $k - m$, т. е. числом простаивающих приборов, при заданных величинах k, p и q сводится к отысканию максимума выражения:

$$p_{m,k} = \frac{k}{m!(k-m)!} p^m q^{k-m}$$

(стр. 38)".

При таких условиях вся теория получила еще новый ряд ограничений.

Случайность мгновенной работы и простоя в отрезке T может быть применена не ко всем механизмам, а только к таким, у которых цикл очень короткий,

например — отбойный молоток, который по технологическим условиям может быть включен и выключен в любое мгновение этого отрезка времени. Что же касается таких механизмов, как, например, врубовая машина, конвейер и т. п., имеющих большие циклы, то они работают более четко и их включение будет мало отклоняться от каких-то определенных пунктов времени T. Иначе говоря, у подобных потребителей случайное распределение мгновений работы и простоя не будет иметь места, следовательно на них предложенная теория распространяться не может.

Таким образом, принятое в рассматриваемой теории условие случайности исключает из расчета громадное число механизмов, не имеющих случайного цикла. Поэтому мы в дальнейшем будем относить все изложенные в статье рассуждения только к машинам, имеющим случайное распределение мгновений работы.

Следующая серьезная ошибка выразилась в том, что вероятность работы прибора для расчета принята в статье равной к. и. р. в.

„Установленный прибор может находиться за рассматриваемый промежуток времени в двух состояниях: *состоянии работы и состоянии простоя*...

Таким образом, мы имеем два события: событие благоприятное (А) — работа прибора, событие неблагоприятное (В) — простой или неработа прибора.

. . . . . .

Величина коэфициента использования рабочего времени, как мы выше вывели, выражается отношением величины чистого времени работы t за рассматриваемый промежуток времени к полной величине рассматриваемого промежутка T, т. е.

$$\delta = \frac{t}{T}.$$

Промежуток времени t представляет о т р е з о к в р е м е н и (подчеркнуто нами *Н. Ф.*), в которое совершается событие А, т. е. работа;...

Поэтому выражение этого отношения мы можем прочесть следующим образом: величина коэфициента использования рабочего времени представляет дробь, числитель которой выражает промежуток времени, соответствующий появлению события А, т. е. работы, а знаменатель п о л н о е в р е м я н а б л ю д е н и я, в т е ч е н и е к о т о р о г о п о я в л я ю т с я к а к с о б ы т и е *А*, т а к и с о б ы т и е В. (Подчеркнуто нами. Значит, отрезок T здесь соответствует одному среднему циклу. *Н. Ф.*). Последняя фор улировка полностью соответствует определению, которым выражается величина вероятности события.

Таким образом, величина коэфициента использования рабочего времени в одно и то же время является величиной, выражающей собою вероятность появления события А, т. е. работы прибора" (стр. 35—36),

В действительности же такое положение может быть верно только для одного любого мгновения отрезка T соответствующего времени цикла, взятого при первом испытании. В последующие мгновения этого отрезка вероятность работы будет находиться в зависимости от того наблюдалась или не наблюдалась работа при первом испытании; а также, ввиду их конечного числа в цикле, от изменения соотношения количества рабочих и простойных моментов.

Поэтому мы должны установить, что так называемое в статье наивероятнейшее число одновременно работающих приборов соответствует только одному мгновению в цикле, а не всему циклу.

На сменном графике эта результирующая цифра расхода энергии группой, являясь ожиданием, будет отвечать только таким отдельным мгновениям, которые, после нанесения на него отрезков T_u, находятся по одному в каждом из этих отрезков.

Конечно, для оценки характера потребления совершенно недостаточно знать только одно мгновение в цикле и тем более недостаточно, если продолжительность T_u достигает нескольких минут.

Чтобы учесть отклонения от ожидаемого суммарного расхода в эти мгновения, могущие быть вследствие неравномерности работы приборов, автор вводит так называемый коэфициент неравномерности работы группы, определяя его по вероятному отклонению от математического ожидания средней арифметической вероятностей.

„Ввиду того что, как мы видим, каждый установленный в группе прибор работает с индивидуальным коэфициентом использования рабочего времени, судить об общей работе группы мы можем только по средней величине этого коэфициента или вероятности,

которая выразится как средняя арифметическая указанных величин, взятых для всех приборов, т. е.

$$p = \frac{p_1 + p_2 + p_3 + \ldots + p_k}{k}.$$

(стр. 40).

„Коэфициентом неравномерности (работы группы, *Н. Ф.*) мы будем называть отношение возможного наибольшего отклонения числа работающих приборов в $m \pm \varepsilon$ от наивероятнейшего количества к этому последнему, т. е.

$$\gamma = \frac{m \pm \varepsilon}{m}\ \text{“}.$$

. . . . . .

Мерой величины отклонения ε от наивероятнейшего результата, m, как и для случая работы одиночного прибора, мы будем принимать в е р о я т н о е о т к л о н е н и е (подчеркнуто инж. Смирновым) (стр. 41).

Однако, необходимо предупредить, что этот коэфициент фактически не имеет ничего общего с той неравномерностью работы отдельных машин, анализу которой посвящены стр. 33—35 и 40—41. Дело в том, что учет возможных отклонений числа одновременно работающих приборов от математического ожидания имел бы смысл только тогда, когда бы рассматривалось конечное число приборов (совпадения при конечном числе испытаний), если вероятности работы каждого из них в одно мгновение (вероятность появления отдельных событий) были бы равны между собой, а не при неравных вероятностях, что имеется в виду на стр. 40. В отношении неравномерности работы каждого прибора нужно отметить, что оно вообще оказалось не учтенным, несмотря на специальные рассуждения по этому вопросу, приведенные на стр. 33—35.

Из этого мы должны заключить, что подобный метод может отвечать только идеальной картине сменной работы, когда все приборы работают равномерно и с одинаковыми к. и. р. в., но со случайным распределением циклов относительно друг друга. Причем в этой картине кроме отдельных мгновений не могут отразиться возможные длительные перегрузки в периоды $T_ц$—между вышеуказанными моментами. Что же касается нередко имеющих место длительных простоев, не обусловленных особенностями работы машины, а являющихся следствием особой организации, то они не могут быть учтены из-за того, что в отрезках $T_ц$ эти простои получаются распределенными равномерно вследствие определения для каждого прибора среднего δ. Такое положение исключает возможность оценки правильности расстановки оборудования и расходования энергии. Кроме того, получение математического ожидания по среднему p дает так называемую величину коэфициента одновременности δ не на полную производительность механизмов, обусловленную их характеристикой, а на какую то пониженную, отнесенную к единице времени всей смены (часа и т. д.). Но так как за расчетный расход энергии принимается произведение δ на общий расход, что соответствует заниженному значению математического ожидания расхода для отдельных мгновений, то даже при коротких циклах в уплотненные часы рабочего дня будет иметь место недостаток энергии, а генераторы и сеть окажутся перегруженными. Такое явление должно сказаться наиболее резко при малых значениях к. и. р. в.

Таким образом, в итоге рассмотрения первой части работы (Сборник Гипронемета № 1), можно констатировать:

1. Кривые Смирнова могут быть применимы только для механизмов с короткими циклами, имеющими случайный характер работы.

2. Они отвечают только идеальному случаю — равномерной работе одинаковых механизмов при равных к. и. р. в.

3. Кривые дают величину математического ожидания с вероятным отклонением расхода только на расстояниях $T = 0$ до $T = 2T_ц$ друг от друга.

4. Как простой, так и часы наиболее полной загрузки кривыми учесть невозможно.

5. Величина математического ожидания в отдельные расчетные мгновения получается заниженной по сравнению с таковой в наиболее уплотненные часы рабочего времени машин.

Вторая часть статьи (Сб. Гипронемета № 2) посвящена автором распространению теории расчета на общий случай, когда имеется много типов различных приборов, работающих с различными к. и. р. в. Так как при этом невозможно пользоваться непосредственно ранее полученными кривыми из-за неравенства вероятностей, то в статье расчет ведется не по работе отдельных механизмов, а по математическому ожиданию расхода энергии всей группой в одно из мгновений времени T. Причем после определения вероятности этого ожидания (см. коэфициент расхода энергии стр. 10—12 С. Г. № 2) или среднего взвешенного к. и. р. в.:

$$\left(\delta_w = \frac{k_1\delta_1 w_1 + k_2\delta_2 w_2 + k_3\delta_3 w_3 + \ldots + k_n\delta_n w_n}{k_1 w_1 + k_2 w_2 + k_3 w_3 + \ldots + k_n w_n} = p_w\right),$$

где w — расход энергии одним прибором и k — число приборов; здесь, как и ранее, по δ отдельного прибора находятся по кривым значения φ вероятных отклонений. Результат умножения последнего на суммарное потребление считается расчетным расходом энергии.

В отношении такой схемы необходимо заметить следующее.

Математическое ожидание здесь определяется сложением произведений к. и. р. в. всех приборов на их расходы.

„Так как $m_i w_i$ есть наивероятнейший расход энергии или использование мощности частной группы W_i, а

$$k_1 w_1 + k_2 w_2 + k_3 w_3 + \ldots + k_n w_n = W_0$$

есть полный расход энергии по установленной группе, то

$$\delta_w = \frac{W_1 + W_2 + W_3 + \ldots + W_n}{W_0}.$$

Отсюда наивероятнейший расход энергии или использование мощности группой W будет равен:

$$W = \sum_{i=1}^{i=n} W_i = W_0\delta_w\text{“}$$

(здесь k_i — число однотипных приборов, w — расход энергии одним прибором, W_i — расход энергии группой однотипных приборов. *Н. Ф.*) (стр. 12).

Поэтому все вышеизложенное по предыдущему расчету здесь остается в силе.

Кроме того, при таком построении расчет стал отражать не действительно работающие механизмы, а фиктивные, потребляющие энергию по одной средне взвешенной единице. И потому принятое для расчета математическое ожидание оказывается средней величиной расхода энергии и не соответствует работе группы. На основании этого можно утверждать, что вероятные отклонения расхода в отдельных мгновениях, которые учитываются при определении φ по расчетным кривым, также не отражают действительную работу неоднородной группы, а учитывают только возможные расхождения между математическим ожиданием и фактической величиной среднего расхода, который можно получить в течение какой-либо смены, часа и т. д. Следовательно ее значения, как и математического ожидания, могут вообще не совпадать ни при каких комбинациях приборов с величиной действительного потребления. Причем, находясь в пределах между нулем и величиной общего расхода, эти отклонения будут иметь тем меньшие значения, чем больше простоев имеют машины или чем меньше к. и. р. в. Что же касается колебаний расхода от неоднородности группы, то они, несмотря на стремления автора, остались невыявленными, так как принятый им способ определения отклонений, на который мы ранее указывали, мог бы применяться только для конечного числа испытаний при равновероятности событий (при конечном числе приборов и одинаковых условиях расхода каждым из них), а не для того случая, какой рассматривается в статье.

В виду вышеизложенного следует констатировать: 1) что весь действительный расход, который будет превышать вероятное отклонение от математического ожидания, оказывается невыясненным; 2) что фактически в большом количестве от-

дельных мгновений недостаток энергии будет весьма заметным, так как расчет дает оценку размера среднего потребления в течение продолжительного времени. Кроме того, если принять во внимание, что при получении вероятности работы одного прибора (а из этого исходили при построении кривых) в продолжительность цикла входили простои как технологически необходимые, так и простои непроизводительные, то в часы наиболее уплотненной работы, когда непроизводительных простоев не будет, этот недостаток энергии еще более обострится.

На механизмы и общую картину работы такое явление отразится следующим образом.

Ввиду того, что при уменьшении подачи энергии производительность машин снижается, — продолжительность рабочих циклов должна увеличиваться (в первую очередь за счет удлинения рабочих периодов). Вследствие этого будет изменяться отношение $\frac{t}{T}$, следовательно вся общая картина расхода окажется совершенно отличной от первоначально предположенной. Таким образом, механизмы, начав работать с пониженным к. п. д., загрузят рабочее время значительно больше нормального. Последнее, в свою очередь, изменит организацию рабочего дня. Нормы выработки снизятся. Увеличатся число машин и штат рабочих.

Отсюда видно, к каким серьезным последствиям приводит пренебрежение технологическими условиями эксплоатации. Если же вспомнить, что этот отвлеченный метод ошибочно предназначается для комплекса всевозможных механизмов — как с циклами случайными, так и неслучайными, — то по отношению к последним результат должен получиться еще более неудовлетворительный.

„Задача 2 я. Определить расход воздуха для проектирования центральной компрессорной“... (при условиях работы, приведенных в сокращенной таблице *Н. Ф.*).

№№ по п.	Тип приборов	Потреблен. воздуха одним прибором $м^3/мин$	δ_i	k_i
1	Перфоратор LR-70 . .	5,7	0,35	35
2	„ БМ-13 . .	2,2	0,50	24
3	„ Climax . .	2,8		15
4	Бурозаправочная			
	а) Leiner № 40 . .	2,5	0,3	3
	б) Leiner № 34 . .	2,0	0,3	5
	в) нефтяные горна	1,0	1,0	4
			$k = 86$	

(стр. 15)

Несостоятельность такого метода расчета еще отчетливее видна из результатов решения задач, приведенных в конце статьи (стр. 14—16).

Так, например, если допустить, что продолжительность периодов непрерывной работы у принятых в задаче 2-й механизмов будет равна:

для LR-70 . . . . . = 8 мин.
„ БМ-13 . . . . . = 4 „
„ Climax . . . . . = 4 „
„ Leiner № 40 . . . . = 1 „
„ „ № 34 . . . . . = 1 „
„ горна . . . . . = вся смена

тогда, судя по к. и. р. в., можно видеть, что средняя величина паузы для каждого прибора будет чрезмерно большой. А именно:

для LR-70 пауза = 14 мин.
„ БМ-13 „ = 4 „
„ Climax „ = 4 „
„ Leiner № 40 „ = 1 „
„ „ № 34 „ = 1 „

Это свидетельствует о том, что в паузах учитываются и непроизводительные простои.

Поэтому при нормальной работе, когда продолжительность пауз станет минимально необходимой, окажется большой недостаток воздуха. Так, если продолжительность таких пауз будет для LR-70 — 2 мин. и для остальных приборов по

0,5 мин., то, построив график, можно убедиться, что расход воздуха в большинстве случаев окажется равным ~ 300 *м³/мин*, что значительно больше 167 *м³/мин* — количества, определенного в задаче.

Результат задачи 1-й также показывает неуниверсальность предлагаемого способа расчета.

„Задача 1-я. По условиям горных работ для рудника необходимо каждую смену проходить шпуров общей длиной $L = 216$ *пог. м.*

Для бурения по руде опытом была найдена производительность бура, выразившаяся $l_0 = 86$ *пог. мм* в минуту.

Коэфициент использования рабочего времени . . . $\delta = 0{,}5$.

Продолжительность смены $T = 7$ часов $= 420$ минут.

Определить численный состав группы...

1. Теоретическая проходка шпура за смену одним бурильным молотком при $\delta = \frac{1}{2}$ будет:

$$L_0 = l_0 \times T = 0{,}086 \times 420 = 36 \text{ пог. м}$$

2. Теоретическое (наивероятнейшее) число молотков, которое выполнит заданную сменную работу, будет:

$$m = \frac{L}{L_0} = \frac{216}{36} = 6 \text{ молотков}$$

3. Число молотков, из коих должна состоять группа, при $\delta = 0{,}5$:

$$k = \frac{m}{\delta} = \frac{6}{0{,}5} = 12 \text{ (стр. 14)}$$

Например, если в задаче принять длину каждого шпура по 4 *м*, то, чтобы выполнить задание, нужно будет не 12 молотков, как это получено, а больше. В самом деле, каждый из молотков в таком случае сделает в смену по $\frac{L_0\delta}{4} = \frac{36 \cdot 0{,}5}{4} = 4$ шпура. Тогда их общая производительность будет $4 \times 12 = 48$ шпуров. А требуется сделать $\frac{216}{4} = 54$ шпура. Для того чтобы подготовить еще $54 - 48 = 6$ шпуров, нужно или уплотнить рабочий день принятых 12 молотков, или прибавить еще 2 молотка. Оба эти мероприятия заметно изменят организационную сторону и значительно увеличат расход воздуха в единицу времени.

Как видим, ошибки предложенного способа расчета настолько серьезны, что его использование делается совершенно невозможным.

В заключение остановимся на некоторых моментах теоретического обоснования метода, которые указывают на далеко невысокий теоретический уровень рассматриваемой работы.

На стр. 40—41 (Сб. Гипронемета № 1) пространно излагаются соображения об определении по способу Бернулли отклонений от средней арифметической вероятности работы конечного числа приборов. При этом оказались допущенными два неверных положения. Первое из них состоит в неправильности принятия в качестве средней вероятности — средней арифметической вероятностей работы отдельных приборов. Она могла бы иметь правильный смысл только в том случае, если бы число вероятностей (приборов) было бесконечно.

Вторая ошибка заключается в том, что отклонение от математического ожидания при неравных вероятностях в одно испытание (неравных δ отдельных приборов) в статье определяется при помощи распределения Бернулли, которое отвечает случаю, когда вероятности равны между собою.

Подобная неправильность использования законов теории вероятностей привела к другой теоретической ошибке, вследствие которой за наивероятнейшее число приборов неоднородной группы оказалась принятой величина математического ожидания расхода энергии этой группой, что, как мы видели, не отражает фактической работы механизмов (выражение на стр. 40 Сб. Гипронемета № 1: $m = \delta_1 + \delta_2 + \delta_3 + \ldots + \delta_n$, и выражение на стр. 9 Сб. Гипронемета № 2: $m = m_1 + m_2 + m_3 + \ldots m_n$). В действительности же наивероятнейшее число при неравных вероятностях может быть найдено только гораздо более сложным путем.

Странный способ нахождения вероятности работы неоднородной группы приведен на стр. 6—8 (Сб. Гипронемета № 2). Для этого все механизмы прежде

всего разбиваются на группы и подгруппы по довольно сложному распределению. Затем идут сложные рассуждения и преобразования формул. И наконец, только после всего этого оказалась полученной средняя арифметическая величина вероятности (стр. 8), выражение $\delta = \frac{k_1\delta_1 + k_2\delta_2 + k_3\delta_3 + \ldots + k_n\delta_n}{k}$, что, как известно, может быть найдено много проще.

В процессе всего этого весьма сложного пути, между прочим, не обошлось и без новых ошибок, указывающих на недостаточную теоретическую точность рассматриваемой работы.

На стр. 7 совершенно неправильно находится вероятность работы одного прибора.

„Вероятность того, что какой-либо из приборов группы однородных приборов k_1^1, входящих в общее число первой подгруппы, составленной из k' приборов, работает, определяется двумя условиями:

1) что рассматриваемый прибор входит в группу k_1^1 однородных приборов и

2) что этот прибор действительно работает.

Первое условие выражается вероятностью k_1^1 того, что прибор входит в состав группы k_1^1 однородных приборов, определяемой как:

$$P_1^1 = \frac{k_1^1}{k^1}.$$

Второе, что он работает, нам задано величиной коэфициента использования рабочего времени δ_1.

Таким образом, одновременное совпадение (этих — *Н. Ф.*) двух событий выразится так:

$$\frac{k_2^1\delta_1}{k'}.$$

Подобное отыскание имело бы смысл только в том случае, когда, изучая прибор k_1^1, мы не могли бы знать, как его найти среди других приборов. Только в этом случае можно было сказать, что вероятность захватить прибор k_1^1 в состоянии работы зависит от того, какова вероятность отыскать его среди других приборов $\frac{k_1^1}{k}$, и от того, какова вероятность, что в этот момент он работает $\frac{t}{T} = \delta$. В действительности же вероятность работы того или иного прибора в одно мгновение не может зависеть от принадлежности его к группе и равна только к. и. р. в.

Таким образом, на основании этого краткого анализа статьи инженера Смирнова нам представляется, что предложенный им метод расчета на основании абстрактных значений коэфициентов одновременности — не может быть признан пригодным даже для эскизных проектов. Что же касается всех расчетных таблиц, кривых и типовых примеров, приведенных в статье, то во избежание серьезных ошибок от их использования нужно отказаться.

Zusammenfassung

Ingenieur Smirnow gab in dem Buche „Sbornik Gipronemet" № 1 und № 2 (Ausgabe 1932) im Artikel „Theoretische Begründung der Berechnung der Gruppenaufstellung" seine Methode des Energieverbrauches seitens der Gruppenconsumenten, die er auf Grund der Gesetze der Wahrscheinlichkeitstheorie erhalten hat.

Die Unrichtigkeit seiner Arbeit besteht: 1) darin, dass er aus zufälligen Bedingungen der Arbeit der Mechanismen ausgeht, was in der Wirklichkeit lange nicht stattfindet, 2) darin, dass die Gesetze der Wahrscheinlichkeitstheorie von ihm nicht richtig angewandt sind.