

МПС — ГУУЗ

Ассистент ШАФИТ Е. М.

**К ВОПРОСУ
ОБ АНАЛИТИЧЕСКОМ МЕТОДЕ РАСЧЕТА
ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ СТАНЦИЙ**

Автореферат диссертации на соискание
ученой степени кандидата технических наук

1949 год.

I.

При проектировании железнодорожных станций и узлов принципиальным является правильный и точный расчет пропускной способности как всей станции в целом, так и отдельных её элементов. Только в таком случае можно обеспечить наибольшую рациональность в распределении мощности проектируемых объектов и, следовательно, капиталовложений на их сооружение по отдельным этапам.

Как показал анализ, в иностранной литературе вопросу теории расчета пропускной способности станций вообще не уделялось внимания. В то же время, в результате глубоких теоретических исследований, произведенных рядом русских и советских ученых (академик *Образцов В. Н.*, профес. *Никитин В. Д.*, профес. *Бартенев П. В.*, профес. *Васильев И. И.*, профес. *Писарев С. Г.* и др.) отечественная практика проектирования имеет полностью разработанную и теоретически обоснованную методологию расчета пропускной способности станций.

Произведенный анализ существующих в настоящее время способов расчета максимальной пропускной способности элементов станций и узлов показал, что в ряде случаев, связанных с проектированием станций, наиболее предпочтительным является применение аналитического метода расчета. К этим случаям, прежде всего, относится перспективное проектирование, при котором отсутствие определенного графика движения затрудняет применение графического метода расчета.

С целью уточнения существующих разновидностей метода было произведено детальное исследование их с точки зрения учета влияния различных факторов на пропускную способность элементов станций.

Установлено, что если основные вопросы в этой области могут считаться решенными окончательно и требуют

только незначительных уточнений, то некоторые, весьма принципиальные, особенности расчета пропускной способности до сего времени не нашли должного отражения в существующей методологии. К числу последних относится основной предмет исследования настоящей работы—вопрос о том, какое влияние оказывает на пропускную способность отдельных элементов станций и узлов враждебность маршрутов, возникающая в точках пересечения в одном уровне и каким способом можно, с достаточной для условий проектирования точностью, учесть степень этого влияния.

Поставленная проблема особенно актуальна по отношению к таким элементам станций и узлов, как горловины и развязки подходов. Наличие целого ряда точек пересечения в одном уровне в пределах этих элементов вызывает, в свою очередь, пересечения враждебных маршрутов, оказывающих существенное влияние на максимальную пропускную способность.

Вместе с тем, до настоящего времени, отсутствует единая, полностью разработанная методология расчета максимальной пропускной способности такого рода элементов, позволяющая учесть в условиях проектирования (при отсутствии реального графика движения) влияние пересечений враждебных маршрутов.

Поэтому при практическом расчете пропускной способности горловин и развязок пользуются двумя диаметрально противоположными методами: либо совершенно не учитывают враждебности маршрутов, рассматривая горловину или развязку, как группу, совершенно изолированных друг от друга элементов, либо учитывают полностью все враждебности, исключая при этом всякую возможность параллельной работы отдельных элементов.

Применение первого из этих методов, основанного на предположении самой благоприятной комбинации в движении поездов, приводит к чрезмерному упрощению проектируемых конструкций, что в условиях эксплуатации может вызвать перебои в движении и превратить такую горловину или развязку в элемент, лимитирующий работу всего проектируемого объекта.

Второй метод, наоборот, предполагает наличие самых неблагоприятных комбинаций в работе проектируемого элемента, что зачастую приводит к чрезмерному развитию горловины или сооружению путепроводной развязки там, где по условию размеров движения можно было бы огра-

ничиться развязкой в одном уровне. Иными словами, применение второго метода, которым пользуются при проектировании наиболее часто, приводит к затрате излишних средств и к нерациональному удорожанию проектируемых объектов.

II.

Основываясь на вышеизложенном, нами разработана в общем виде методология расчета пропускной способности групп элементов станций и узлов, имеющих точки пересечения в одном уровне. Разработка методологии основана на исследовании работы такого рода групп элементов с точки зрения их взаимодействия по враждебности маршрутов.

В основу исследования была положена обработка результатов натурного обследования и хронометражных наблюдений над работой сложной треугольной развязки одного из крупных узлов нашей сети.

Произведенные наблюдения показали, что взаимодействие в работе отдельных элементов выражается в занятии каждого элемента не только собственными передвижениями, но также и передвижениями по враждебным маршрутам на соседних элементах. Таким образом, наличие пересечений враждебных маршрутов создает взаимосвязь в работе отдельных элементов горловины или развязки, при чем эта взаимосвязь приводит к исключению из рабочего времени расчетного элемента некоторой величины времени, длительность которой пропорциональна числу передвижений по враждебным маршрутам всех остальных элементов группы.

При такой постановке вопроса максимальная пропускная способность каждого элемента группы находится в непосредственной зависимости от размеров движения по остальным элементам (динамическая максимальная пропускная способность).

Взаимодействие в работе элементов исчезает только при условии отсутствия пересечений враждебных маршрутов и в этом случае максимальная пропускная способность элемента будет определяться только его собственной работой (статическая максимальная пропускная способность).

III.

Методология расчета максимальной пропускной способности группы элементов, работающих во взаимодействии

по враждебности маршрутов, исходит из следующих основных положений:

а) расчет динамической максимальной пропускной способности должен производиться по формуле:

$$N_{\text{макс}} = \frac{T_p - T_x}{T_3} \quad (1)$$

где $N_{\text{макс}}$ —максимальная пропускная способность элемента;

T_p —полное рабочее время элемента в течение суток;

T_x —полное время враждебности;

T_3 —средневзвешенное время занятия элемента собственными передвижениями.

При введении в формулу (1) величины коэффициента враждебности формула принимает вид

$$N_{\text{макс}} = \frac{T_p}{T_3} (1 - \alpha_x) \quad (2)$$

где α_x —коэффициент враждебности, выражающий в относительной форме влияние остальных элементов на работу расчетного элемента и определяемый по формуле

$$\alpha_x = \frac{T_x}{T_p} \quad (3)$$

б) величина полного времени враждебности T_x определяет собой часть рабочего времени расчетного элемента, исключаемую вследствие влияния на него передвижений по враждебным маршрутам остальных элементов группы;

в) наибольшее влияние на работу расчетного элемента оказывают передвижения по основному элементу группы. В качестве основного принимается элемент, дающий наибольшее значение полного времени враждебности для расчетного элемента при изолированной от работы всей группы парной комбинации с ним;

г) влияние остальных элементов группы на расчетный элемент оказывается значительно ослабленным вследствие взаимной связи между ними и основным элементом

Основываясь на изложенных положениях, методология расчета рассматривает два основных случая работы группы элементов:

1) размеры движения по всем элементам группы, кроме расчетного, остаются постоянными;

2) размеры движения по всем элементам пропорционально возрастают.

В соответствии с двумя основными случаями установлены две разновидности расчета:

- 1) расчет при условии преимущественных маршрутов;
- 2) расчет при условии пропорционального возрастания размеров движения по маршрутам.

При расчете пропускной способности группы элементов, каждый из них должен применяться в зависимости от конкретной характеристики перспективных размеров движения.

Кроме указанных двух основных случаев в работе группы элементов могут иметь место промежуточные случаи, при которых изменяются размеры движения только по части элементов группы или по части маршрутов элемента. В таких случаях должен применяться также расчет при условии пропорционального возрастания размеров движения по маршрутам, но с внесением в него соответствующих корректив.

Исследование двух основных случаев расчета позволяет прийти к следующим выводам:

- 1) Для расчета при условии преимущественных маршрутов.

При условии постоянного числа передвижений по всем элементам группы, кроме расчетного, полное время враждебности пропорционально общему количеству передвижений на остальных элементах группы по маршрутам, образующим с маршрутами основного элемента враждебные комбинации.

На этом положении основан вывод основной расчетной формулы для определения полного времени враждебности T_x . Согласно этой формулы величина T_x определяется, как сумма произведений двух величин: а) результата суммирования отрезков времени, в течение которых передвижения по маршрутам всех элементов группы остаются враждебными передвижениям по расчетному элементу; б) коэффициентов, учитывающих возможность параллельной работы элементов. Коэффициенты рассчитываются на основании известных соотношений между количеством передвижений по различным маршрутам. Помимо этого для всех элементов, кроме основного, в произведение включаются добавочные поправки на возможность параллельной работы с основным элементом, расчет которых основан на тех же принципах, что и расчет коэффициентов.

Получаемое, в результате такого расчета, значение T_x представляет из себя средневзвешенную величину влияния всех передвижений по всем враждебным маршрутам эле-

ментов группы на работу расчетного элемента. Вместе с тем величина T_x по сущности своего расчета учитывает стремление к сокращению числа враждебных комбинаций в процессе эксплуатации.

2) Для расчета при условии пропорционального возрастания размеров движения по маршрутам.

При условии одновременного возрастания числа передвижений по всем элементам группы, их максимальная пропускная способность находится в тесной взаимосвязи, математически выражающейся в виде системы линейных уравнений, число неизвестных и уравнений в которой равно числу элементов в группе.

В общем виде уравнение такой системы имеет вид (для первого расчетного элемента):

$$A_{11}N_{1\text{макс}} + A_{12}N_{2\text{макс}} + \dots + A_{1r}N_{r\text{макс}} + \dots + A_{1m}N_{m\text{макс}} = T_p, \quad (4)$$

где A_{1r} — общая форма записи коэффициента при неизвестном $N_{r\text{макс}}$.

По физической сущности каждый член приведенного уравнения выражает часть полного времени враждебности первого расчетного элемента, порождаемому влиянием соответствующего (по номеру члена) другого элемента группы. В то же время первый член уравнения (по номеру расчетного элемента) выражает полезную работу расчетного элемента.

Аналогично, по физической природе, все коэффициенты уравнений, кроме коэффициента A_{11} , выражают средневзвешенное влияние одиночных передвижений по элементам группы на работу расчетного элемента и определяются как результат деления части величины T_x на размеры движения по соответствующему элементу (например, коэффициент A_{1r} выражает влияние r -го элемента на первый).

Коэффициент A_{11} определяется как средневзвешенная длительность занятия расчетного элемента собственными передвижениями. В результате каждое уравнение, взятое самостоятельно, определяет собой баланс пропускной способности расчетного элемента, т. е. характеризует отношение между полезно используемой частью его рабочего времени и потерями, возникающими вследствие влияния других элементов.

Совместное решение системы уравнений характеризует баланс пропускной способности всей группы элементов в целом.

IV.

Расчетный аппарат в обоих случаях распадается на два этапа:

первый этап — установление основного элемента — в обоих случаях одинаков и сводится к расчету величины полного времени враждебности расчетного элемента от влияния всех остальных элементов группы поочередно. Основным является элемент, дающий большее значение величины полного времени враждебности;

второй этап — для каждого случая различен.

а) Для расчета при условии преимущественных маршрутов он заключается в расчете величины полного времени враждебности расчетного элемента и определении по формулам (1) или (2) искомой максимальной пропускной способности.

б) Для расчета при условии пропорционального возрастания размеров движения второй этап заключается в расчете коэффициентов уравнений, составлении системы уравнений и решении её.

При условии, что по каким либо из элементов число передвижений остается постоянным, соответствующие этим элементам члены во всех уравнениях превращаются в свободные члены, а общее число уравнений уменьшается на количество элементов, которым свойственны постоянные размеры движения.

Если же размеры движения остаются постоянными для части маршрутов какого либо из элементов, то соответствующий член уравнений распадается на две части — новое неизвестное, соответствующее переменной части размеров движения по элементу и свободный член, соответствующий их постоянной части.

Получаемые в результате расчета уравнения дают в итоге общий случай расчета, так как позволяют определить максимальную пропускную способность расчетного элемента при любом соотношении размеров движения по остальным элементам группы.

V.

Полученный расчетный аппарат позволил произвести более глубокое исследование закономерностей в работе групп элементов, взаимодействующих по враждебности маршрутов, в результате чего установлены следующие семь основных положений:

1. При расчете максимальной пропускной способности группы элементов, имеющих общие точки пересечения в одном уровне, необходимо не только учитывать движение по расчетному элементу, но также и движение по другим элементам, входящим в группу.

2. Максимальная пропускная способность группы элементов, имеющих общие точки пересечения в одном уровне, не является для данной группы величиной постоянной, а динамически изменяется в зависимости от размеров движения по элементам, стремясь по мере их роста к состоянию равновесия, характеризующему собой баланс пропускной способности группы элементов.

3. В процессе динамического изменения максимальной пропускной способности группы элементов, ее отклонение от статической максимальной пропускной способности той же группы прямо пропорционально величине коэффициента враждебности, характеризующего степень взаимного влияния и равно нулю при отсутствии этого влияния.

4. При непрерывном росте размеров движения по элементу, входящему в группу элементов, работающих во взаимодействии по враждебности маршрутов, его динамическая максимальная пропускная способность непрерывно изменяется, снижаясь предварительно от статического максимума до определенного нижнего предела и затем возвращаясь опять к значению статической максимальной пропускной способности.

5. Изменение равновесной динамической максимальной пропускной способности части элементов группы под влиянием роста размеров движения по остальным элементам происходит по линейному закону.

6. Динамической максимальной пропускной способности свойственно состояние динамического насыщения, которое длится для элемента тем дольше, чем большее влияние на него оказывают остальные элементы группы.

7. Изменение коэффициента загрузки динамической максимальной пропускной способности элемента до наступления момента динамического насыщения происходит по закону гиперболы.

Полученные основные положения дали возможность прийти к ряду выводов, имеющих практическое значение. Основные из этих выводов следующие:

1) пользование наиболее распространенным в настоящее время методом расчета максимальной пропускной способности по коэффициенту загрузки при работе элементов

во взаимодействии по враждебности маршрутов допустимо только при условии постоянных размеров движения по всем элементам, кроме расчетного. В противном случае применение этого метода приведет к заведомо неправильным результатам;

2) установленные закономерности позволяют производить корректировку расчетных значений максимальной пропускной способности, снижая её для одних и повышая для других элементов группы в соответствии с размерами потребной пропускной способности.

VI.

С целью облегчения практического пользования предлагаемой расчетной методологией был разработан табличный метод расчета величин полного времени враждебности и коэффициентов уравнений. В основу табличного способа положена форма таблицы взаимозависимости маршрутов и основные расчетные формулы, полученные в работе. В результате проектировщики освобождаются от излишней сложности расчета и могут производить его даже не зная основных формул.

Для облегчения решения системы уравнений при большом количестве элементов в группе, может быть использован метод последовательных приближений, конкретное применение которого в рассматриваемых случаях приводится в работе.

Разработанный в настоящей работе метод расчета максимальной пропускной способности горловин и развязок, являясь по своей сущности аналитическим методом, в то же время основывается на табличном отображении основной характеристики группы элементов—таблице взаимозависимости маршрутов. Таким образом, он, в отличие от применяемых в настоящее время методологий, кладет в основу аналитического метода расчета пропускной способности элементов станций, в первую очередь, особенности конструкции их схем с точки зрения степени развязки пересечений враждебных маршрутов.

Вместе с тем весьма существенным качеством излагаемой в настоящей работе расчетной методологии является то, что при пользовании ею мы одновременно устанавливаем основные причины, порождающие снижение максимальной пропускной способности горловины или развязки, так как в процессе расчета при составлении таблицы вза-

мозависимости невольно приходится детально исследовать каждую возникающую в пределах группы элементов враждебность.

Таким образом, указанное свойство излагаемой методологии должно в значительной мере облегчить труд проектировщиков, указывая им в процессе расчета максимальной пропускной способности на основные пути её повышения.

Предлагаемая методология была апробирована в реальных условиях при выполнении проекта развития одного из узлов нашей сети в отделении Союзтранспроекта.

В результате была получена возможность технически более обоснованно произвести распределение мощности проектируемого объекта по этапам и отказаться в пределах первых трех этапов от сооружения сложной путепроводной развязки, в то время, как при пользовании обычным методом (с полным учетом всех враждебностей) сооружение такой развязки необходимо было уже в 1-м этапе.

Таким образом, использование в проектировании станций и узлов методологии расчета максимальной пропускной способности при взаимодействии элементов по враждебности маршрутов должно дать возможность производить более рациональное, технически обоснованное установление этапности развития станций и узлов в соответствии с потребной пропускной способностью, что, в свою очередь, обеспечит наиболее эффективное распределение капиталовложений на сооружение проектируемых объектов.

