

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСЧЕТНЫХ ПЕРИОДОВ ПЛАНИРОВАНИЯ ПЕЗДООБРАЗОВАНИЯ

Поставлено завдання визначення розрахункових періодів планування для різних умов пездооброзовання. Встановлені чинники, що роблять вплив на тривалості періоду планування. Рассмотрена методика розрахунку полігону пездооброзовання і періоду укрупненого планування пездооброзовання для встановленого полігону. Приведені методичні положення, що дозволяють встановити періоди поточного планування пездооброзовання і періоди коректіровки розроблених планів. Рассмотрена проблема достовірності інформації в системі формування потягів. Виділені групи подій в системі планування. Для кожної групи встановлені причини, які ведуть до зниження достовірності інформації. Приведена методика розрахунку достовірності інформації в системі пездооброзовання. Визначений вплив достовірності інформації на періоди планування. Приведена методика визначення граничного значення періоду планування залежно від достовірності інформації, що поступає. Дани рекомендації по підвищенню достовірності по кожній з виділених груп подій.

Поставлена задача определения расчетных периодов планирования для различных условий пездооброзовання. Установлены факторы, оказывающие влияние на продолжительности периода планирования. Рассмотрена методика расчета полигона пездооброзовання и периода укрупненого планирования пездооброзовання для установленного полигона. Приведены методические положения, позволяющие установить периоды текущего планирования пездооброзовання и периоды корректировки разработанных планов. Рассмотрена проблема достоверности информации в системе формирования поездов. Выделены группы событий в системе планирования. Для каждой группы установлены причины, которые ведут к снижению достоверности информации. Приведена методика расчета достоверности информации в системе пездооброзовання. Определено влияние достоверности информации на периоды планирования. Приведена методика определения предельного значения периода планирования в зависимости от достоверности поступающей информации. Даны рекомендации по повышению достоверности по каждой из выделенных групп событий.

The problem of definition of the settlement periods of planning for various conditions trains makeup is put. The factors influencing durations of the period of planning are established. The design procedure of range trains makeup and the period of the integrated planning trains makeup for the established range is considered. The methodical positions are given, allowing to establish the periods of routine planning trains makeup and the periods trains makeup the developed plans. The problem of reliability of the information in system of formation of trains is considered. Groups of events in system of planning are allocated. For each group the reasons which conduct to decrease of reliability of the information are established. The design procedure of reliability of the information in system trains makeup is given. It is determined influence reliability of the information for the periods of planning. The technique of definition of limiting value of the period of planning is given on reliability of the acting information. Recommendations for increase of reliability for each of the allocated groups of events are given.

1. Введение

Оперативные планы разрабатываются на различные периоды времени. В настоящее время на железнодорожном транспорте существуют следующие периоды: трех-четырёх суточный (о подходе вагонов под выгрузку); суточный, сменный (12-и часовой период), 6-и часовой, 4-х часовой, 3-х часовой. В зависимости от полигона планирования, мощности и условий зарождения корреспонденций, цели планирования могут быть установлены любые из перечисленных периодов, либо установлены отличные от них. [1].

Для планирования пездооброзовання в соответствии с конкретными технологическими

особенностями и поставленными целями необходимо установить оптимальные значения периодов планирования.

2. Период укрупненого планирования пездооброзовання

Задача пездооброзовання с позиции планирования может быть сформулирована следующим образом: какие назначения и какой дальности $\{N_{ij}\}$ необходимо сформировать на станциях полигона $\{S_1 \dots S_X\}$ в предстоящий период времени $T_{\text{план}}$ для того, чтобы минимизировать затраты на продвижение корреспонден-

денций от станции зарождения до станций назначения.

Формирования нового состава начинается после завершения накопления предыдущего состава на рассматриваемое направление $t_{\text{нак}}^{i-1}$. Начиная с этого момента необходимо определить моменты поступления вагонов в систему поездообразования. В процессе планирования устанавливается в какие моменты времени прибывают корреспонденции на станцию формирования $\{k_{\text{приб}}^i\}$, какова мощность и технико-экономические характеристики корреспонденций $\{k_{pq}^i\}$, какие затраты на формирование и накопление возникают при реализации вариантов поездообразования $\{W\}$. Моментом начала периода планирования $t_0^{\text{план}}$ можно считать время прибытия первой корреспонденции в систему поездообразования рассматриваемого назначения $t_{\text{приб}}^{i[1]}$. Для установления затрат на поездообразование $\{W\}$ важно установить время прибытия корреспонденции, завершающей процесс накопления (закрывающей группы) и момент завершения накопления $t_{\text{нак}}^i$.

Для каждой станции поездообразования можно установить полигон допустимого влияния – станцию S_n , до которой можно оперативно корректировать план формирования поездов. Границы полигона влияния определяются при разработке плана формирования поездов, нормативного графика движения поездов и при необходимости согласовываются между железнодорожными администрациями. Станция может быть включена в полигон влияния, если выделение любого сквозного назначения на эту станцию с полигона планирования не ухудшает показателей установленного плана формирования для выбранного полигона.

Наиболее дальним назначением в этом случае будет $N_{\text{ин}}$. Струя может претендовать на выделение в самостоятельное назначение, если суммарное время на его накопление и продвижение до станции назначения (расформирования) не превышает юридический срок доставки. Для установленного полигона влияния $G_{\text{вл}}$ возможность формирования сквозного назначения определяется временем нахождения корреспонденций под накоплением $T_{\text{нак}}$ и технико-экономическими характеристиками корреспон-

денций $\{k_{pq}^i\}$. Для заданного полигона можно установить предельно-допустимое время нахождения вагонов под накоплением $T_{\text{нак}}^{\text{max}}$ (превышение установленного времени переводит формирование сквозного назначения в разряд неконкурентоспособных и исключает данный вариант поездообразования из рассмотрения). Время $T_{\text{нак}}^{\text{max}}$ устанавливается для «благоприятных» характеристик корреспонденций, дающих возможность наиболее продолжительного нахождения в системе поездообразования (отсутствие вагонов принадлежности других администраций и собственников, отсутствие ускоренных отправок, отсутствие просрочки в доставке груза и т.п.).

Следовательно, предельно-допустимым моментом прибытия закрывающей группы можно считать $t_{\text{нак}}^i = t_0^{\text{план}} + T_{\text{нак}}^{\text{max}}$. В этом случае период планирования $T_{\text{план}}^{\text{max}} = T_{\text{нак}}^{\text{max}}$.

В случае если процесс накопления протекает равномерно, продолжительность накопления вагонов на состав поезда может быть рассчитана по формуле

$$T_{\text{нак}}^{\text{max}} = \frac{m_{\text{ин}}}{N_{\text{ин}}}, \text{ суток}, \quad (1)$$

где $m_{\text{ин}}$ – количество вагонов в составе поезда, назначением на станцию S_n , вагонов; $N_{\text{ин}}$ – среднесуточная мощность вагонопотока, назначением на станцию S_n , вагонов/сутки;

При гипотезе, что мощность корреспонденций, поступающих на станции полигона планирования является стационарной и подчиняется нормальному закону распределения, продолжительность периода планирования можно определить следующим образом:

1. Определяется перечень струй вагонопотоков, претендующих на выделение в самостоятельные назначения $\{N_{iq}\}$.

2. Определяется перечень корреспонденций $\{k_{pq}^i\}$, входящих в каждое из назначений.

3. Определяется мощность назначения n_{iq} .

4. Для назначения n_{iq} на основании статистических данных определяется минимальное значение вагонопотока (отклонение значения мощности корреспонденций вагонопотока от среднего значения $\bar{n}_{iq} - 3\sigma$).

5. Для минимального значения суммарной мощности корреспонденций определяется период накопления вагонов на состав:

$$t_{\text{нак}}^{pq} = \frac{\bar{m}}{\bar{n}_{pq} - 3\sigma}. \quad (2)$$

6. В соответствии с определенной продолжительностью накопления рассчитывается период планирования, в который помимо времени накопления входит время на сбор $t_{\text{сб}}$, подготовку и обработку информации $t_{\text{подг}}$

$$T_{\text{план}}^{\text{max}} = t_{\text{нак}}^{pq} + t_{\text{сб}} + t_{\text{подг}}. \quad (3)$$

Значения $t_{\text{сб}}$ и $t_{\text{подг}}$ зависят от комплекса технических средств, обеспечивающих сбор и обработку информации. В случае формирования поездов повышенной транзитности для условий полигона Белорусской железной дороги значение максимального периода планирования $T_{\text{план}}^{\text{max}}$ может достигать 3-4 суток. Увеличение продолжительности периода планирования нецелесообразно, так как приводит к повышению неопределенности (энтропии) информации и снижению ее достоверности.

3. Период текущего планирования поездообразования

С течением времени разработанный план поездообразования требует корректировок: в пути следования вагоны могут быть отцеплены от состава поезда, количество зарождающихся на полигоне корреспонденций больше либо меньше плановых значений, поезд прибыл с отставанием или с опережением относительно графика. Следовательно, производить детальное планирование выполнения операций на станции на весь период $T_{\text{план}}^{\text{max}}$ не представляется возможным. В связи с этим необходимо установить периоды разработки текущих планов выполнения станционных операций.

Для станционного уровня максимально возможная продолжительность периода текущего планирования $T_{\text{план}}^{\text{тек}}$ устанавливается исходя из обеспеченности полной и достоверной информацией. Увеличение периода планирования позволяет предвидеть ожидаемое поездное положение на больший срок. Это расширяет возможности предупреждения затруднений в работе и своевременного проведения необходимых регулировочных мер.

Недостаточная продолжительность периода планирования приводит к тому, что мероприятия проводятся с опозданием. Точная информация может быть получена только на те поезда, которые уже находятся в движении на момент

составления плана, либо на которые сформированы телеграмм-натурные листы. В зависимости от конкретных условий продолжительность периода текущего планирования $T_{\text{план}}^{\text{тек}}$ может быть рассчитана по следующей формуле

$$T_{\text{план}}^{\text{тек}} = \frac{L_{\text{тех}}}{V_{\text{уч}}} + \Delta T_{\text{ТГНЛ-отпр}} - (T_{\text{пр}} + T_{\text{об}} + T_{\text{рп}}) + t_{\text{зб}}, \quad (4)$$

где $L_{\text{тех}}$ – расстояние от станции планирования до технической станции, с которой следуют корреспонденции; $V_{\text{уч}}$ – участковая скорость, реализуемая на участке между техническими станциями; $\Delta T_{\text{ТГНЛ-отпр}}$ – затраты времени на технологические операции, выполняемые на технической станции с момента формирования ТГНЛ на отправляемый состав до момента отправления поезда со станции; $T_{\text{пр}}$ – затраты времени на передачу информации; $T_{\text{об}}$ – затраты времени на обработку информации с учетом выполнения логического контроля в ИРЦ; $T_{\text{рп}}$ – продолжительность расчета плана работы; $t_{\text{зб}}$ – время опережения передачи информации момента формирования ТГНЛ (заблаговременность передачи).

Продолжительность периода текущего планирования $T_{\text{план}}^{\text{тек}}$ может быть рассчитана по каждому поступающему на станцию назначению в условиях передачи информации о составах как до, так и после их отправления со станций. Информация с промежуточных станций участка о прибытии корреспонденций в составе сборных поездов должна передаваться заблаговременно. В условиях создания опорных станций и линейных районов поступление корреспонденций в сборных поездах является одной из задач планирования поездообразования и рассматривается при разработке текущего плана.

4. Корректировка продолжительности периодов планирования

Для различных моментов времени значения периодов $T_{\text{план}}^{\text{max}}$ и $T_{\text{план}}^{\text{тек}}$ могут принимать различные значения: изменяется дальность и продолжительность накопления наиболее транзитного назначения; неравномерное поступление поездов на станцию в течение суток; различные интервалы времени между моментами завершения накопления составов и т.п. Продолжительность периодов может существенно отли-

чаться для различных станций полигона. Следовательно, значения периодов, полученные расчетным путем, не могут быть напрямую использованы в системе планирования и требуют корректировки и взаимного согласования.

Помимо прогнозирования и корректировки в процессе управления поездообразованием необходимо реализовать функции учета, анализа и контроля. Данные функции привязаны к режиму работы управляющего аппарата. В системе планирования необходимо обеспечить взаимную согласованность, преемственность и увязку планов различных объектов, участвующих в поездообразовании. Для этого при разработке системы планирования необходимо предусмотреть:

- взаимное перекрытие предыдущего и последующего планов не менее чем на 1 час для обеспечения преемственности планов;
- кратность период планирования продолжительности смен;
- одинаковые периоды планирования для всех станций полигона совместного поездообразования;
- количество корректировок за смену должно быть целым числом.

Следовательно, на основании значений оптимальных периодов планирования для всех станций полигона выбирается такое значение, которое позволяет обеспечить планирование поездообразования на любой станции полигона и кратно уже установленным на железнодорожном транспорте технологическим периодам (суткам, 12-и часам). Периоды корректировки планов должны быть кратны 6-и, 4-х, 3-х часовым периодам.

5. Достоверность информации в системе поездообразования

В информационно-планирующей системе используется оперативная информация о событиях, которые можно отнести к двум группам:

- причинно-обусловленные (детерминированные) события, происхождение которых обусловлено всем ходом предшествующего развития системы поездообразования – наличие сформированных поездов на станции, наличие вагонов на путях станции, наличие груза и порожних вагонов под погрузку и их местоположение, дислокация локомотивного парка.
- события, которые устанавливают условное окончание некоторых процессов

на момент сбора информации и не вызывают возникновения новых событий в плановый период – общее количество сформированных поездов за сутки, количество принятых и отправленных станцией поездов, общее количество расформированных станцией за сутки поездов, суточный объем погрузки и т. п.

Информация о событиях первой группы содержит данные о состоянии объекта планирования и его потенциальных возможностях освоения предполагаемого вагонопотока в течение планового периода. Она является основной для планирования поездообразования и характеризуется полнотой, достоверностью и глубиной.

События второй групп описываются отчетно-статистической информацией, которая характеризует объем выполненной работы за установленный период. Если нет искажения при передаче, ошибок при сборе и первичной обработке, статистическая информация обладает минимальной степенью неопределенности.

В систему планирования поездообразования необходимо обеспечить своевременное поступление достоверной информации.

Под достоверной информацией в системе поездообразования следует понимать степень соответствия оперативной информации, поступающей непосредственно в систему управления, реальному состоянию объекта планирования и его подсистем.

Достоверность поступающей в систему поездообразования информации оценивается через энтропию и может снижаться за счет неадекватного описания количественных $H_n(\{k_{pq}\})$ (количество вагонов в i -ой корреспонденции) и временных $H_t(\{k_{pq}\})$ (время поступления i -ой корреспонденции в систему поездообразования) характеристик корреспонденций. Наибольшей энтропией обладают временные характеристики корреспонденций [2].

Корреспонденции поступают на станции полигона планирования в составе поездов, и время их следования от станций зарождения до станций полигона планирования состоит из времени нахождения поезда в движении, времени нахождения на станциях в переработке (системы поездообразования полигона сбора информации) и времени проследования технических станций без переработки.

Времена нахождения корреспонденций на станциях имеют вероятностный характер. От-

клонения от нормативного времени обусловлены следующими причинами:

- а) при проследовании с переработкой:
 - варьирование времени накопления вагонов на состав поезда;
 - варьируемый порядок обработки составов в технологических подсистемах станции;
 - случайное число групп вагонов ЗСГ, влияющее на продолжительность роспуска;
 - отклонения во времени обслуживания бригадами ПТО и ПКО по прибытию и отправлению, обусловленные варьированием числа и вида неисправностей вагонов в различных поездах;
 - обеспеченность ниток графика поездными локомотивами и локомотивными бригадами;
- б) при проследовании без переработки:
 - отклонения во времени обслуживания бригадами ПТО и ПКО по прибытию и отправлению, обусловленные варьированием числа и вида неисправностей вагонов в различных поездах;
 - обеспеченность ниток графика поездными локомотивами и локомотивными бригадами;

Вероятностным остается и время нахождения корреспонденций в движении, что сказывается, в свою очередь, на надежности выполнения графика движения поездов. Отклонения от нормативного графика обусловлены техническими характеристиками поездных локомотивов и вагонов, следующих в составе поезда, надежностью комплексов устройств АТС и пути и т. д.

Энтропия временных характеристик информации определяется по формуле

$$H_t(\{k_{pq}\}) = -\sum_{i=1}^n p_i^{pq} \log p_i^{pq}, \quad (8)$$

где p_i^{pq} – вероятность поступления корреспонденции k_{pq} в i -й интервал времени; n – количество временных интервалов [2].

Таким образом, задача определения временной энтропии сводится к задаче определения вероятности поступления корреспонденции в планируемый период от t_i до t_{i+1} . Время прибытия корреспонденции в систему поездообразования должно удовлетворять уровню надежности выполнения технологических времен следования по всем элементам логистической

цепи, т. е.

$$p(T_0 < T_{\text{след}} \leq T_{\text{план}}) = \int_{T_0}^{T_{\text{план}}} f(T) dT. \quad (9)$$

Плотность распределения времени следования от станции зарождения до станции поездообразования можно аппроксимировать распределением Гаусса-Лапласа, плотность которого

$$f(T) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(T-T_i)^2}{2\sigma^2}}. \quad (10)$$

где σ – среднеквадратическое отклонение времени (срока) доставки, определяемое по всем элементам маршрута следования,

Вероятность того, что корреспонденция прибудет в течение периода планирования (в течение максимально допустимого времени опоздания) составит [3]

$$P(T_{\text{след}} \leq \max T_{\text{след}}) = \Phi\left(\frac{\max T_{\text{след}} - \bar{T}}{\sigma}\right), \quad (11)$$

Технологическое время следования корреспонденций определяется на основе технологий перевозочного процесса для каждой пары станций полигона сбора информации и полигона планирования.

При определении периода планирования поездообразования необходимо предусмотреть, чтобы информация о корреспонденциях своевременно поступала в систему планирования поездообразования, то есть

$p(T_0 < T_{\text{след}} \leq T_{\text{план}}) \rightarrow 1$. То есть при определении периода планирования необходимо учитывать не среднее время следования корреспонденции $\bar{t}_{p,A}$, а максимальную величину $\max t_{p,A} = \bar{t}_{p,A} + 3\sigma$.

В противном случае, при расчетах основанных на средних значениях, возможно ситуация, когда часть корреспонденций прибудет позже периода планирования (в период от $t_0 + T_{\text{план}}$ до

$t_0 + T_{\text{план}} + \sum_{i=p}^A \Delta t_{\text{техн}}^i$). В этом случае увеличится

период накопления и, как следствие, назначение $N_{A,q}$ перейдет в разряд неэффективных.

С учетом времени, необходимого на обработку данных, поступающих с полигона сбора информации, а также выполнение расчетов и доведения планов до исполнителей, период планирования будет равен

$$T_{\text{план}} = \bar{t}_{\text{след}}^{p;A} + \sum_{i=p}^A \Delta t_{\text{техн}}^i - t_{\text{сбор}} - t_{\text{подг}} \quad (12)$$

Отдельной задачей является исследование верности количественных показателей информации, т. е. верности содержательной части. В системе поездообразования достоверность информации снижается за счет следующих факторов:

- отцепка в пути следования от поездов вагонов, непригодных для дальнейшего следования по техническим причинам;
- неприем по стыкам вагонов с отдельными категориями грузов из-за неправильного таможенного оформления;
- ошибки, возникающие в процессе списывания составов с природы;
- ошибки при заполнении документов и передаче информации в управляющую систему;
- передача в управляющую систему информации о событиях, которые в реальном процессе не происходили;
- отсутствие информации в системе управления о реальных процессах и т. д.

Спрогнозировать изменение количественных характеристик корреспонденций в пути следования достаточно сложно. Но в силу того факта, что эти изменения, как правило, не значительны и в большинстве случаев не оказывают существенного влияния на процессы поездообразования, при планировании ими можно пренебречь.

В общем случае, верность информации о количественных характеристиках корреспонденций в пути следования может быть повышена за счет улучшения качества проведения технического обслуживания и коммерческих осмотров на технических станциях направления, а также за счет более качественного кон-

троля за правильностью заполнения и полнотой поездных документов и передаваемых сообщений.

Заключение

Продолжительность периода планирования оказывает непосредственное воздействие на систему сбора информации с полигона. При правильном выборе периодов сокращаются затраты на сбор и хранение информации, снижается размерность решаемых задач, повышается точность разрабатываемых планов.

Разработанная методика определения периодов планирования является, с одной стороны, технологическим ограничением при выборе полигона сбора информации, а с другой - базой для разработки информационно-управляющей системы поездообразования. Приведенная методика может быть использована при создании системы управления поездообразованием на полигоне.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Тулупов Л. П. Текущее планирование поездной работы технических станций / Л. П. Тулупов, Ян Юйлиан // Железнодорожный транспорт, 1997. - № 6. – С. 28-31.
2. Грунтов П. С. Эксплуатационная надежность станций. - М.: Транспорт, 1986. - 247 с.
3. Ринг В. И. Основы транспортной логистики (железнодорожный транспорт): Пособ. / В. И. Ринг, Л. А. Редько, О. Р. Грунтова. // Под ред. П. С. Грунтова. – Гомель: БелГУТ, 2002. – 100 с.
4. Ерофеев А. А. Информационные технологии на железнодорожном транспорте: пособие / А. А. Ерофеев, В. Г. Кузнецов. - Гомель: БелГУТ, 2003. – 83 с.

Поступила 20.09.2007.