

Автоматизация планирования отправления поездов по твердым ниткам графика

Нитка графика является ресурсом, который должен быть использован наилучшим, наиболее рациональным образом. Планирование отправления поездов по существующему графику – основа качественной организации перевозки грузов. При этом человеческий фактор в данной работе порой играет негативную роль, снижает эффективность и качество использования наличной пропускной способности участков, оказывает отрицательное влияние на простой поездов. Существующий уровень развития информационных технологий позволяет частично отказаться от «ручного» планирования перевозочного процесса, для чего необходимо создать систему, программный комплекс, который бы обеспечил максимальное использование ниток графика при отправлении поездов. Задача такого программного комплекса – обеспечить нитку графика, найти для нее все необходимые для отправления поезда компоненты, а именно: состав, локомотив, локомотивную бригаду.

В рамках данной статьи разработаны два варианта алгоритма, обеспечивающего автоматическое планирование отправления поездов на станциях смены локомотива и/или локомотивной бригады. При построении логической цепочки планирования отправления учтены такие параметры поездов, как длина, масса, приоритетность. Произведено сравнение вариантов на основе реальной поездной обстановки. По результатам сравнения вариантов предпочтение отдано второму, так как в первом случае в процессе планирования были случаи некорректной подвязки поездов. Кроме того, описаны действия при возникновении случаев опоздания поездов на станцию, отказов, иных непредвиденных ситуаций. Данные действия обязательны для включения в структуру программного обеспечения планирования отправления поездов и являются тем недостающим звеном, которого так не хватает существующим программным комплексам.

Ключевые слова: алгоритм, нитка графика, планирование отправления.

На данный момент планированием отправления поездов (подвязкой к ниткам графика) занимается дежурный персонал станций. Человеческий фактор в данной работе порой играет негативную роль [1]. Так, возможны случаи несвоевременной подвязки поездов из-за отвлечения дежурного персонала на иную работу либо иных субъективных причин, вследствие этого увеличивается перепростой поездов на станциях, происходит нерациональное использование рабочего времени локомотивных бригад. Случаи несвоевременной подвязки являются единичными, однако в настоящее время и они должны быть исключены полностью. Для решения данной задачи целесообразно прибегнуть к помощи информационных технологий, т.е. функции планирования отправления поездов передать от человека машине путем разработки и внедрения соответствующего программного продукта. Подобное перераспределение обязанностей, во-первых, исключит негативное влияние человеческого фактора при планировании поездной работы, а во-вторых, разгрузит персонал станций и позволит больше времени уделять иным задачам.

Данные вопросы исследовались в работах [2–8] и других.

Ниже представлены два варианта алгоритма, обеспечивающего автоматическую подвязку поездов к ниткам. На рассматриваемых схемах используются следующие обозначения:

$t_{\text{приб}}$ – время прибытия поезда на станцию смены локомотивной бригады (локомотива);

$t_{\text{норм}}$ – время, необходимое для проведения технических операций с поездом, по истечении которого поезд будет готов к отправлению (принимается на основе технологического процесса станции);

$t_{\text{пл}}$ – время, к которому поезд готов к отправлению, сумма времени прибытия и технических операций;

t_m – время, соответствующее m -й нитке графика;

$L_{\text{ст}}$ – длина путей станций, расположенных по участку следования поезда (рассматриваются станции, на которых имеется графиковая стоянка);

$L_{\text{поезда}}$ – длина поезда;

$k_{\text{пл}}$ – категория планируемого поезда;

$k_{\text{наз}}$ – категория назначенного поезда;

$k_1, k_2, \dots, k_n$ – категории первого, второго, n -го поездов.

В рамках алгоритма поезда относятся к трем категориям: 1 – двоянные поезда; 2 –

ускоренные контейнерные поезда; 3 – прочие транзитные поезда.

Однако количество категорий поездов может изменяться в зависимости от характера поездопотока конкретного участка, значит, каждая нитка графика будет соответствовать одной или нескольким категориям.

Вариант 1. Подбор нитки для поезда

На рис. 1 представлена схема алгоритма первого варианта.

Предлагаемый алгоритм подвязки поезда к нитке включает в себя последовательную цепочку действий, которая описана ниже.

1. Согласно нормативному графику определяется время прибытия поезда на станцию смены локомотивной бригады $t_{\text{приб}}$. Информация о времени прибытия поезда может определяться двумя способами:

– автоматически определяется из графика исполненного движения (ГИД) графиковое время прибытия поезда;

– если поезд следует с отклонением от нормативного графика, определяется диспетчерским расписанием либо ввод информации осуществляется вручную поездным диспетчером.

2. Вычисляется нормативное время отправления: ко времени прибытия прибавляется время нормативной стоянки.

3. Находится ближайшая точка отправления.

4. Проверяется соответствие выбранной нитки категории поезда (при невыполнении условия проверяется следующая нитка по п. 8).

5. Проверяется наличие путей необходимой длины на станциях, предусмотренных по маршруту следования для остановок данного поезда. В случае несоответствия – действие п. 8.

6. Проверка свободности нитки, наличие закрепленного за ней поезда.

7. При занятости нитки сравниваются категории назначенного и планируемого поездов, при более высокой категории планируемого поезда – последний подвязывается к данной нитке, а для снятого с нитки поезда применяется действие п. 8, и наоборот.

8. Рассматривается следующая по порядку нитка t_{m+1} .

9. После выполнения вышеобозначенных пунктов, планируемый поезд подвязывается к нитке.

10. Ранее подвязанный поезд снимается.

11. Выводится фактическая подвязка поезда.

Необходимо отметить, что снятие поезда с запланированной нитки возможно, если до момента отправления остается не менее $t_{\text{бр}}$, где $t_{\text{бр}}$ – время, необходимое для подъема локомотивной бригады. Если времени остается меньше положенного, перепланирование поездов на данную нитку невозможно.

Вариант 2. Подбор поезда для нитки графика

На рис. 2 и 3 представлены схемы второго варианта алгоритма.

При построении данного алгоритма использовался принцип: для каждой нитки графика необходимо подобрать поезд. Алгоритм можно разделить на три этапа отбора.

1. За время $t_{\text{бр}}$ производится поиск поездов – возможных «претендентов» на рассматриваемую нитку (рассматриваются все не подвязанные на участке поезда) в следующей последовательности:

1) согласно нормативному графику определяется время прибытия поезда на станцию смены локомотивной бригады, локомотива;

2) вычисляется нормативное время отправления;

3) проверяется готовность поезда к отправлению на рассматриваемую нитку;

4) производится проверка соответствия категории поезда нитке;

5) производится проверка соответствия длины путей станций, на которых предусмотрена графиковая остановка поезда; она должна быть достаточной, чтобы обеспечить остановку поезда в пределах полезной длины;

6) при невыполнении хотя бы одного условия поезд не может быть назначен на рассматриваемую нитку;

7) при выполнении вышеперечисленных условий поезд потенциально может быть привязан к рассматриваемой нитке, а значит переходит ко второму этапу отбора.

2. Из полученного ряда поездов производится отбор исходя из категории поезда. Выбирается поезд (поезда), имеющий наиболее высокую категорию.

3. Если в результате второго этапа осталось два поезда, имеющих самую высокую категорию, и более, то из них выбирается поезд, прибывающий на станцию ранее остальных.

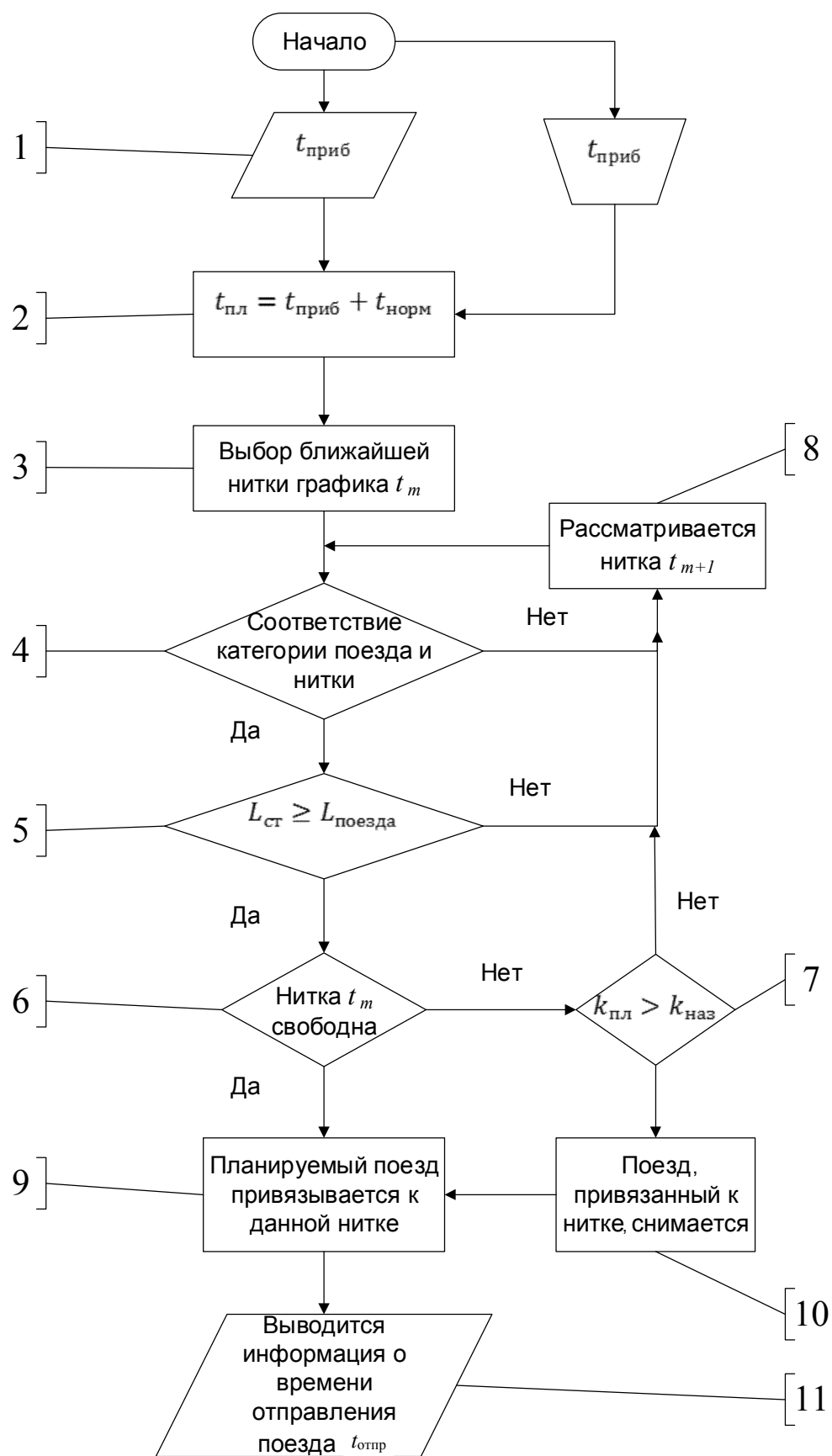


Рис. 1. Алгоритм подбора нитки для поезда (вариант 1)

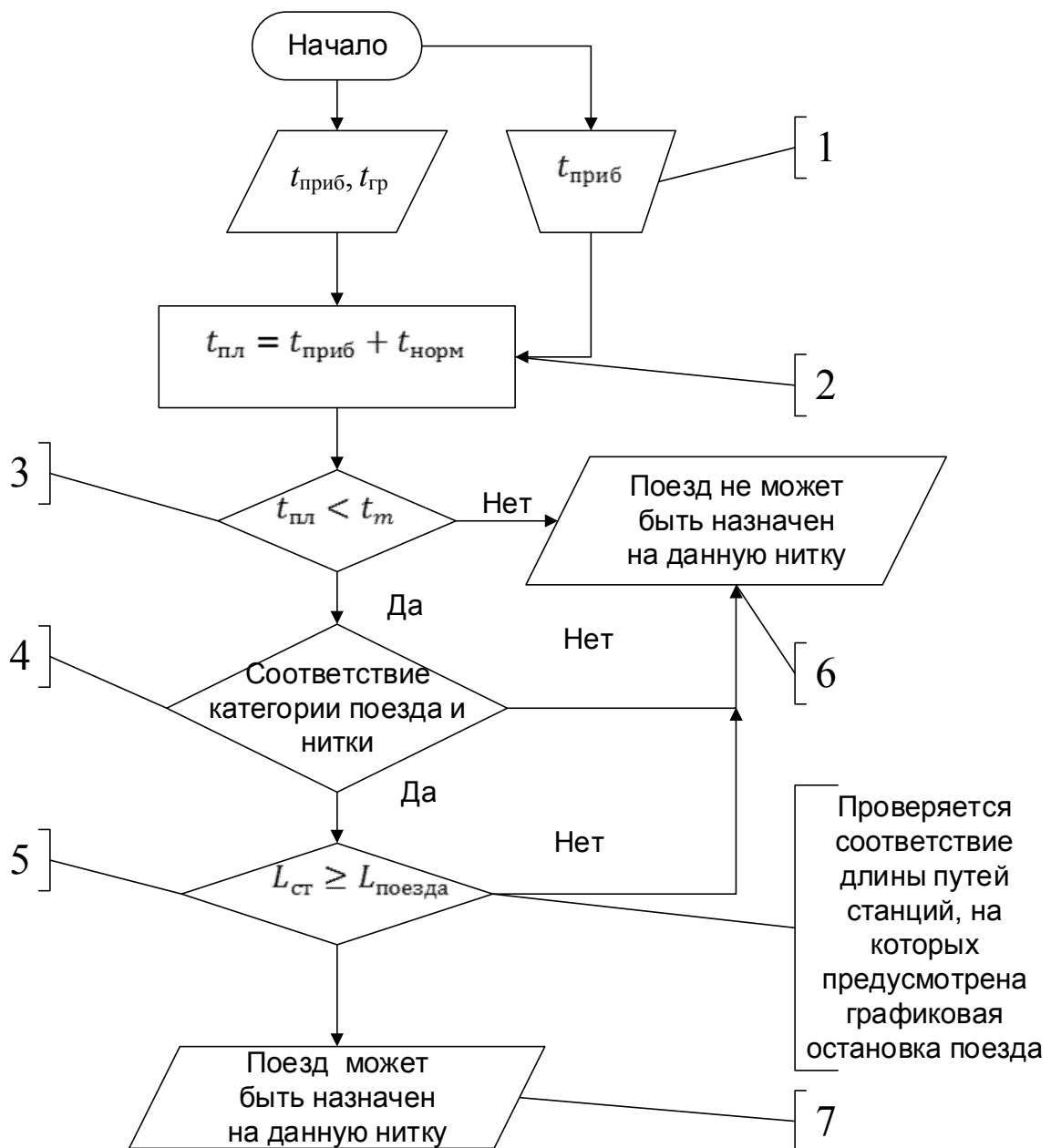


Рис. 2. Первый этап алгоритма подбора поезда для нитки графика (вариант 2)

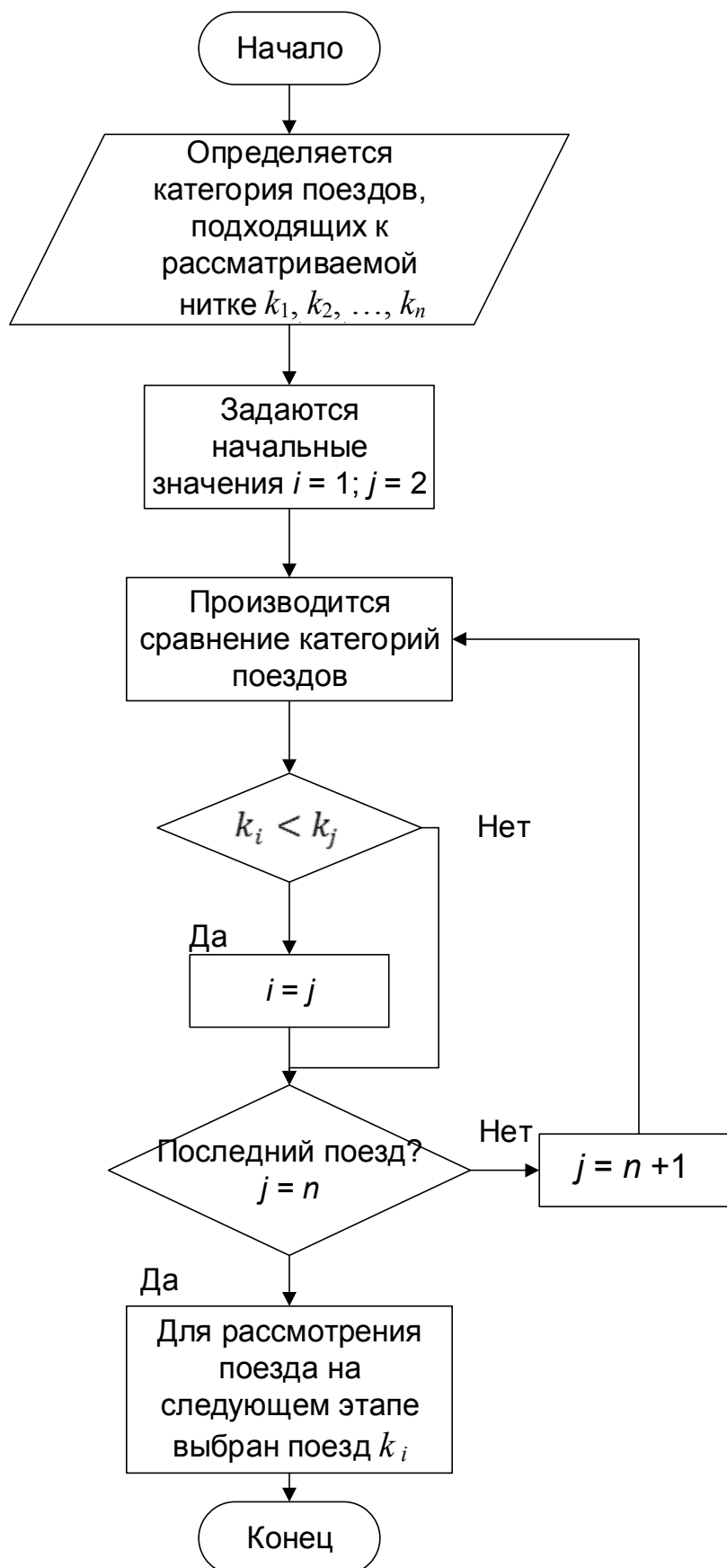


Рис. 3. Второй этап алгоритма алгоритма подбора поезда для нитки графика (вариант 2)

Сравнение вариантов

В целом оба представленных варианта алгоритма обеспечивают достижение поставленной цели – организацию автоматической подвязки поездов к ниткам графика по отправлению. Однако первый вариант незначительно уступает второму – во втором варианте за время $t_{бр}$ подбирается нитка с подвязанным к ней поездом самой высокой категории. Можно быть уверенным, что на данную нитку не может быть назначен более приоритетный поезд.

В первом варианте возможна ситуация, при которой поезд, требующий наискорейшего продвижения по участку, будет подвязан не к ближайшей нитке. Это возможно в случае, если за время $t_{бр}$ к необходимой нитке уже был подвязан другой поезд и под него вызвана локомотивная бригада. В алгоритме заложен механизм минимизации такого риска – возможность переназначения поездов к разным ниткам, но все же он не до конца нивелирует вышеозначенную проблему. При этом представленный механизм переназначения приводит к громоздкости алгоритма при планировании в ситуации повторного переназначения поездов. Для наглядности представим подобный случай.

Нитки 1–4 по всем параметрам подходят имеющимся поездам. При использовании алгоритма первого варианта подвязка осуществляется следующим образом: 1 – № 2382; 2 – № 2384; 3 – № 2386.

После чего рассматривается поезд № 1186 и, как более приоритетный, назначается на нитку 1. Поезд № 2382 с нитки соответственно снимается и переназначается на нитку 4. В результате поезд № 2382 пропускает поезда

№ 2384, 2386, имеющие одинаковую с ним категорию и прибывшие позже, без каких-либо объективных причин.

При использовании второго варианта алгоритма такого бы не произошло. Подвязка поездов будет осуществляться в следующем порядке: 1 – № 1186; 2 – № 2382; 3 – № 2384; 4 – № 2386.

Рассмотрим практический пример планирования отправления поездов. Для этого использованы данные системы ГИД (система ГИД строит график исполненного движения [9]). Подход поездов, их прибытие, отправление, а также время отправления, полученное в результате использования алгоритма, представим в виде таблицы. Для использования алгоритма необходимо знать $t_{норм}$. В данном случае $t_{норм} = 34$ мин.

В колонке «Примечание» указываются:

- операции, производимые с поездом, помимо смены локомотивной бригады;
- длина поезда, если он является длинно-составным, в условных вагонах (например: 100);
- приоритетность поезда (уск. – ускоренный контейнерный поезд);
- иные особенности.

Из таблицы видно, что использование алгоритма первого варианта ведет к необоснованному перепростою поезда № 2704. Результаты планирования по второму варианту в большей части совпадают с фактическим отправлением поездов. Однако имеется два случая расхождения:

1. Поезд № 1200 отправился ранее планируемого времени, простой составил 24 мин, что на 10 мин меньше норматива. Соответ-

Результаты подвязки поездов к ниткам графика

Номер поезда по прибытию	Примечание	Время прибытия	Фактическое отправление	Отправление по варианту 1	Отправление по варианту 2
2148	Размен лок.	9:20	12:02	11:46	11:46
2914	–	9:45	10:22	10:22	10:22
2150	–	9:59	11:37	11:28	11:28
2152	–	10:07	11:28	11:37	11:37
2704	–	11:13	12:20	12:47	12:20
1200	Уск.	11:22	11:46	12:02	12:02
1192	Уск.	11:30	12:11	12:11	12:11
2154	–	11:37	12:29	12:20	12:29
2156	85	11:50	12:47	12:29	12:47
1268	Уск.	12:02	12:38	12:38	12:38
2920	100	12:14	12:56	12:56	12:56

ственно поезд № 2148 простаивал еще 16 мин, пропуская поезд № 1200, как более приоритетный. Данный факт объясняется оперативными действиями локомотивной бригады поезда № 1200, позволившими произвести его ускоренную обработку.

2. Поезд № 2150 отправлен позднее поезда № 2152. Данные поезда в рамках алгоритма имеют одинаковую категорию, но поезд № 2150 прибыл раньше. Следовательно, имеется факт необоснованного перепростоя поезда, связанного с человеческим фактором при планировании отправления поездов.

По результатам сравнения двух вариантов алгоритма у первого варианта выявлены недостатки, заключающиеся в некорректной подвязке части поездов после пропуска ими поездов с более высокими категориями. По этой причине предпочтение при выборе отдается второму варианту, который отвечает необходимым требованиям и обеспечивает качественную подвязку поездов к ниткам отправления.

Действия при отказе на участке или станции

Существует немало железнодорожных систем планирования, как отечественных, так и иностранных. Именно за рубежом имеется наибольший опыт использования систем планирования отправления поездов. Многие имеющиеся системы справляются с задачами планирования, однако всем присуща слабая сторона, не позволяющая данным системам работать автономно, с минимальным вмешательством со стороны человека. Недостатком большей части программного обеспечения в сфере планирования является отсутствие механизма принятия решений при отказах технических средств на станциях и перегонах, приводящих к сбою в движении поездов. Одной из задач данной работы является разработка вышеуказанных механизмов, позволяющих работать системе планирования и во время непредвиденных ситуаций.

При непредвиденном опоздании поезда на станцию смены локомотива и/или локомотивной бригады вследствие отказа на участке запускается следующая цепочка действий. Производится перерасчет ниток, к которым были подвязаны поезда, прибывшие с нарушением графика. При невозможности закрытия ранее

запланированных ниток данный факт учитывается при планировании еще не подвязанных поездов, т.е. при последующей подвязке учитывается сдвиг ниток, произошедший в результате отказа. Одним из принципов, позволяющих предпринять своевременные действия по результатам отказа, является постоянный мониторинг со стороны программного обеспечения поездной обстановки, перепроверка возможности отправления ранее подвязанных поездов и бригад. При отказе проверка (в рамках представленного выше алгоритма) осуществляется с пропуском (сдвигом) необходимого количества ниток, соответствующего количеству сорванных ниток.

При возможности закрытия ниток другими поездами на ЭВМ дежурного персонала выводится рекомендательная информация, показывающая измененный порядок отправления поездов.

При отказе по неисправности локомотива, связанного с отцепкой, возможно три варианта развития событий.

1. На станции имеется локомотив для замены неисправного. Происходит перерасчет ниток указанным выше порядком. При этом поезд, у которого произошла отцепка локомотива, назначается на новую нитку. Прогнозное время отправления данного поезда будет исчисляться исходя из нормативного времени, необходимого для замены локомотива. То есть ко времени введения информации о неисправности локомотива, требующей его отцепки, будет прибавляться соответствующее технологическое время на замену.

2. Локомотив для замены отсутствует. На следующий поезд, который должен быть подвязан к нитке, бригада не вызывается. Происходит только выбор нитки графика. Данное действие необходимо для исключения вызова лишней бригады и, следовательно, отмены бригады.

3. При прогнозируемом появлении локомотива на станции либо размене с другим поездом оперативный персонал станции своевременно заносит информацию о времени прибытия планируемого локомотива, после чего данный локомотив подвязывается к поезду и происходит автоматическая подвязка к нитке графика. При размене учитывается технологическое время на связанные с ним операции.

Библиографический список

1. Гарбарук В.В., Дектярев В.Г., Казакин А.В. Модель нагрузки на руководителя среднего звена управления // Вестник ПГУПС. СПб.: ПГУПС. 2006. Вып. 3. С. 329–331.
2. Аветикин М.А. Применение математических моделей для совершенствования системы управления перевозками // Современные проблемы управления перевозочным процессом. Повышение качества подготовки специалистов и уровня научных исследований: Материалы междунар. науч.-техн. конф. М.: МИИТ, 2006. С. 17–18.
3. Белобородов Ю.Н., Тимченко А.Г. Как повысить эффективность автоматизированных систем управления // Железнодорожный транспорт. 1996. № 2. С. 8–11.
4. Буянов В.А., Кондрахина Н.В. Жесткий график движения поездов в среде информационных технологий организации перевозок // Вестник ВНИИЖТ. 2001. № 4. С. 3–7.
5. Системы автоматизации и информационные технологии управления перевозками на железных дорогах / В.А. Гапанович, А.А. Грачев, Г.М. Грошев и др.; Под общ. ред. В.И. Ковалева, А.Т. Осьминина, Г.М. Грошева. М.: Маршрут, 2006. 544 с.
6. Елисеев С.Ю., Грошев Г.М., Романова И.Ю. АРМы диспетчерского персонала // Железнодорожный транспорт. 2001. № 3. С. 43–45.
7. Шапкин И.Н. Эффективность глобальных информационных технологий в организации железнодорожных технологий // Железнодорожный транспорт. 2003. № 2. С. 21–26.
8. Чечулина Ю.А. Обоснование целесообразности отправления грузовых поездов с технических станций по твердым ниткам графика // Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока. 2014. Вып. 1–2. С. 95–97.
9. ГИД «Урал – ВНИИЖТ». Автоматизированная система оперативного управления эксплуатационной работой / Х.Ш. Зябиров, Г.А. Кузнецов и др. // Железнодорожный транспорт. 2003. № 4. С. 36–44.
10. Автоматизация планирования и управления перевозочным процессом на Канадских национальных железных дорогах // Железнодорожный транспорт. Сер. Ж.-д. трансп. за рубежом. 1993. Вып. 3. С. 13–23.

М.А. Badazhkov

Automation of the Train Departure Planning on Solid Threads of the Schedule

Abstract. A thread of a schedule is a resource that should be used in the best, most rational way. Scheduling the train departure according to the existing schedule is the basis for the qualitative organization of cargo transportation. At the same time, the human factor in this work sometimes plays a negative role, reduces the efficiency and quality of using the available bandwidth of the sites, and has a negative effect on simple trains. The current level of information technology development allows you to abandon the "manual" planning of the transportation process partially, for which you need to create a system, a software package that would ensure maximum use of the thread of the schedule when sending trains.

The task of such a program complex is to provide a thread of the schedule, to find for it all the components necessary for the train departure, namely: composition, locomotive, locomotive crew. Within the framework of this article, two versions of algorithms have been developed that provide automatic scheduling of the train departure at the locomotive and / or locomotive brigade change stations.

When constructing the logical chain of train departure planning, such parameters as length, weight, priority are taken into account. The options, based on the real train situation, are compared. According to the results of the option comparison, the second option is given preference, since in the first case there were incidents of incorrect train gating in the planning process. In addition, in the article are described the actions of late train arrivals to the station, failures, other unforeseen situations.

These actions are compulsory for inclusion in the structure of software scheduling for the train departure planning and are the missing link that the existing software complexes do not have.

Key words: *algorithm; thread of the schedule; departure planning.*

Бадажков Михаил Александрович – инженер станции Барабинск, аспирант кафедры «Управление эксплуатационной работой» СГУПС. E-mail: Badajkovmihail@gmail.com