

УДК 656.222.3

А. А. ЕРОФЕЕВ, кандидат технических наук, Е. А. ЕРОФЕЕВА, инженер-программист, Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА РАЗРАБОТКИ ПРОГНОЗНОГО ГРАФИКА ДВИЖЕНИЯ ПОЕЗДОВ НА БЕЛОРУССКОЙ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГЕ

Приведено описание автоматизированной системы разработки прогнозного графика движения поездов. Определены элементы системы, установлены технологические взаимосвязи между ними. Регламентированы требования к исходным данным, необходимым для автоматизированной разработки прогнозного графика движения поездов. Дано описание процедур автоматического построения и диспетчерских корректировок прогнозного графика движения поездов. Приведены рекомендации по практическому использованию системы на Белорусской железной дороге.

Автоматизация управления поездной работой является одним из основных направлений повышения качества перевозочного процесса. С этой целью на Белорусской железной дороге создается Комплексная система управления поездной работой (КС УПР БЧ).

Применение современных устройств СЦБ существенно повышает производительность труда и снижает эксплуатационные расходы, но не решает в полной мере проблемы автоматизации регулирования движения поездов. Одной из основных причин этого является то обстоятельство, что все команды по приготовлению маршрутов и открытию сигналов на промежуточных станциях вводятся диспетчером вручную. При этом он руководствуется нормативным графиком движения поездов, а в случаях отклонения движения поездов от графика должен сам разрабатывать варианты пропуска поездов и их реализовывать.

Для снижения загрузки диспетчерского аппарата, повышения безопасности и качества принятия управленческих решений, целесообразно реализацию перечисленных выше задач возложить на программно-технический комплекс. На диспетчера в этом случае возлагаются функции централизованного управления движением поездов, творческой корректировки разработанных графиков и контроля за реализацией намеченных решений.

Первоочередной задачей, связанной с автоматизацией управления движением поездов, следует считать разработку прогнозных графиков движения поездов на 3 часа. Для ее решения необходима разработка автоматизированной подсистемы «Прогнозный график движения поездов» (АС ПГДП), которая является составной частью КС УПР БЧ.

АС ПГДП предназначена для выдачи на АРМ ДНЦ прогнозного графика движения поездов

(ПГДП) на период текущего планирования поездной работы.

Назначением подсистемы является:

а) разработка ПГДП пассажирских и пригородных поездов с учетом:

- сезонности и дней недели;
- предоставления «окон» и действующих предупреждений;

– заданных размеров движения грузовых поездов;

– реальных времен готовности поездов к отпавлению с технических станций;

б) формирование ПГДП;

в) отображение ПГДП в АРМ ДНЦ средствами ГИД «Неман»;

г) ручная корректировка ПГДП;

д) анализ ПГДП и расчет показателей.

АС ПГДП является частью КС УПР БЧ и в процессе функционирования осуществляется информационный обмен со следующими подсистемами:

– график исполненного движения (ГИД «Неман»);

– увязка составления с графиком движения поездов (УСОГДП);

– поездная модель дороги;

– локомотивная модель дороги;

– бригадная модель дороги;

– автоматизированная система разработки нормативных и вариантных графиков движения поездов АС «Графист»;

– подсистема сбора заявок и выдачи предупреждений АС ПРЕД;

– АРМ ДНЦ ДЦ «Неман»;

– подсистема эталонной нормативно-справочной информации (ПЭ НСИ);

Задачи АС ПГДП группируются в шесть комплексов:

1) автоматическое построение ПГДП;

2) построение ПГДП по актуальному ГДП;

3) корректировка ПГДП;

4) отображение ПГДП в ГИД «Неман»;

5) анализ ПГДП;

6) вывод информации по ПГДП.

При информационном обмене ПГДП с другими системами используется централизованная база данных ИАС ПУР ГП, в которой хранится вся информация подсистемы. Информационный обмен между задачами в ПГДП организован на основе сортировки, группировки и корректировки информации центральной базы данных.

Задача «Прогнозный график движения поездов» решается в Центре управления перевозками службы перевозок Белорусской железной дороги при текущем планировании поездной работы. Ответственным за разработку прогнозного графика движения поездов является поездной диспетчер (ДНЦ) в границах соответствующего диспетчерского круга. Доступ к разработанным ПГДП обеспечивается средствами ГИД «Неман». Перечень специалистов, имеющих доступ к просмотру ПГДП, определяется должностными инструкциями работников ЦУП.

Периодичность планирования поездной работы определяется технологией эксплуатационной работы Центра управления перевозками службы перевозок Белорусской железной дороги. План поездной работы должен быть разработан не позднее чем за 2 часа до начала периода планирования. ПГДП при 3-часовом периоде планирования разрабатывается 8 раз в сутки.

Продолжительность решения задачи «Разработка ПГДП» с учетом его возможной ручной корректировки не должна превышать 15 минут.

При автоматизированной разработке ПГДП используются два вида схем расчета:

– при уровне занятости ниток нормативного ГДП свыше 70 % производится привязка поезда к ближайшей свободной нитке нормативного ГДП с учетом категории и дальности следования поезда;

– при уровне занятости ниток нормативного ГДП менее 70 % используется алгоритм автоматического построения ПГДП.

Выбор схемы расчета производится при настройке системы на конкретном участке.

При реализованном автоматическом расчете ПГДП на участке пользователю (ДНЦ) предоставляется возможность выбора схемы расчета.

Построение ПГДП по актуальному графику производится путем привязки поезда к ближайшей свободной нитке нормативного ГДП с учетом категории и дальности следования поезда. Актуальное расписание движения пассажирских и пригородных поездов передается из системы «Актуальное расписание движения поездов» АР ДП. Для ведения актуального расписания движения поездов при формировании нормативного графика необходимо предусматривать дополнительный признак для пассажирских и пригородных поездов –

«периодичность следования». Выделяются следующие периодичности:

– сезонная (летняя, зимняя круглогодичная, по приказу Н);

– по четным или нечетным дням;

– по дням недели.

Для учета периодичностей необходимо в информации о поездах организовать три поля определяющих периодичность курсирования каждого поезда.

На основании вариантного графика движения поездов и периодичности следования устанавливаются расписание движения пассажирских и грузовых поездов на плановый период (АС «Графист»). В дальнейшем эти расписания передаются в АР ДП и служат основой для разработки вариантов ГДП.

Актуальное расписание движения грузовых поездов формируется на основе сведений о наличии и продолжительность «окон». При построении реализуются следующие функции:

– определение времени готовности состава к отправлению;

– определение времени готовности локомотива и локомотивной бригады к отправлению;

– ручной ввод информации о готовности поезда к отправлению;

– ручная корректировка времени готовности состава к отправлению;

– формирование актуального расписания движения поездов на плановый период;

– привязка к ниткам графика поездов, находящихся в движении;

– привязка к ниткам графика готовых к отправлению поездов.

ПГДП разрабатывается в следующем порядке.

1 Устанавливается наличие и продолжительность «окон» и действующих предупреждений на перегонах участка $\{t_{\text{окон}}\}_j$ на период времени $T_{\text{план}}$.

2 С учетом сезона, дня месяца и недели устанавливаются нитки нормативного графика, занятые пассажирскими и пригородными поездами $\{I_{\text{пасс}}^{\text{норм}}\}_j$ (в том числе и дополнительно назначенными поездами).

3 Определяются нитки нормативного графика, занятые находящимися в движении грузовыми поездами и поездами, следующими по «твердым» ниткам графика $\{I_{\text{гр}}^{\text{норм}}\}_j$.

4 На основании данных системы УСОГДП определяются категории готовых к отправлению поездов.

Готовые к отправлению поезда ранжируются по приоритету. В первую очередь выполняется

привязка к ниткам графика поездов с большим приоритетом (числовое значение минимальное) к ближайшим, более поздним ниткам графика, т. е. поезд может быть привязан к нитке в том случае, если время готовности состава к отправлению меньше либо равно времени отправления по нитке графика. Если же отсутствует нитка требуемого приоритета (например, для отправления ускоренного поезда), выбирается свободная нитка с более низким приоритетом.

После привязки поездов к ниткам графика поездов с более высоким приоритетом, выполняется привязка поездов с более низким приоритетом. В случае, если количество готовых к отправлению поездов в прогнозный период превышает количество свободных ниток, выполняется привязка готовых поездов к ниткам графика вне (позже) прогнозного периода.

Для автоматического построения ПГДП применяется алгоритм, использующий функцию запрета отправления на перегон или прибытия на станцию в течение межпоездного интервала I более одного поезда.

Для разработки ПГДП требуются следующие исходные данные:

- перегонные времена хода по участкам;
- дополнительное время, затрачиваемое на разгон и замедление поезда;
- дополнительное время, связанное с наличием предупреждений;
- значения станционных и межпоездных интервалов.
- времена плановых стоянок поездов;
- наличие приемо-отправочных путей на станциях и их характеристики;
- прогнозные времена отправления грузовых поездов со станций;
- характеристики поезда (категория поезда, длина, серия локомотива, наличие вагонов с опасными и негабаритными грузами, наличие порожних вагонов в составе поезда);
- актуальный график движения пассажирских и пригородных поездов.

В ПГДП, действующем в течение периода $T_{\text{план}}$, могут изменяться как количество ниток графика $K_{\text{нит}}$, так и времена хода поездов по перегонам для отдельных ниток графика $\|t_{\text{гр}}^i\|$.

На параметр $K_{\text{нит}}$ оказывают влияние обеспеченность ниток локомотивами и локомотивными бригадами, число и период действия окон, выделенных для ремонтных и строительно-монтажных работ на участках и перегонах направления, наличие в период $T_{\text{план}}$ пассажирских и пригородных поездов, план поездообразования на ограничи-

вающих участков технических станциях.

Времена хода поездов по перегонам $\|t_{\text{гр}}^i\|$ зависят от действующих в период $T_{\text{план}}$ временных ограничений скорости движения поездов, массы составов поездов, количества и серии поездных локомотивов, необходимости остановок грузовых поездов для скрещения и обгона поездами, наличия в составе порожних вагонов и подвижного состава, требующего особых условий пропуска.

В исходных данных для разработки ПГДП можно выделить данные, которые являются результатами расчета поездообразования по станциям полигона:

- занятость ниток графика движения поездов $\{l_{\text{нит}}^{\text{зан}}\}_j$ находящимися в движении поездами, следующими по «твердым» ниткам (ниткам, корректировка которых запрещена);
- моменты времени готовности поездов к отправлению $\{T_{N_{i;q}}^{\text{гот отпр}}\}_j$;
- параметры прогнозируемых к отправлению грузовых поездов $\{m_{N_{i;q}}\}$.

ПГДП разрабатывается в следующем порядке:

- 1) устанавливается наличие и продолжительность «окон» и действующих предупреждений на перегонах участка $\{t_{\text{окон}}\}_j$ на период времени $T_{\text{план}}$;
- 2) с учетом сезона, дня месяца и недели устанавливаются нитки нормативного графика, занятые пассажирскими и пригородными поездами $\{l_{\text{пасс}}^{\text{норм}}\}_j$ (в том числе и дополнительно назначенными поездами);
- 3) определяются нитки нормативного графика, занятые находящимися в движении грузовыми поездами и поездами, следующими по «твердым» ниткам графика $\{l_{\text{гр}}^{\text{норм}}\}_j$;
- 4) на основании плана поездообразования устанавливаются времена готовности поездов к отправлению $\{T_{N_{i;q}}^{\text{гот отпр}}\}_j$ (данные передаются из подсистемы УСОГДП);
- 5) для установленного варианта поездообразования определяются характеристики прогнозируемых к отправлению поездов:
 - условная длина поезда, вагонов, – m ;
 - масса брутто, тонн, – Q ;
 - верхняя негабаритность – ВНГ;
 - боковая негабаритность – БНГ;
 - наличие вагонов с опасными грузами – ОГ;
 - наличие порожних вагонов в составе поезда – ПР.

Характеристики поезда определяются средствами УСОГДП и передаются в ПГДП;

б) на основании характеристик поезда, серии локомотива и наличия действующих предупреждений определяются перегонные времена хода поездов $\|t_{гр}^i\|$, которые принимаются из таблиц либо определяются тяговыми расчетами. На первом этапе реализации подсистемы ПГДП перегонные времена хода принимаются на основании таблиц следующей формы:

Таблица 1 – Значения перегонных времен хода в зависимости от массы состава и серии локомотива

Масса состава	Серия локомотива				
	M_1	M_2	M_3	...	M_i
Q_1	t_{11}	t_{21}	t_{31}		t_{i1}
Q_2	t_{12}	t_{22}	t_{32}		t_{i2}
Q_3	t_{13}	t_{23}	t_{33}		t_{i3}
...					
Q_j	t_{1j}	t_{2j}	t_{3j}		t_{ij}

Таблицы перегонных времен хода формируются на стадии разработки нормативного графика движения поездов в отдельности для каждого перегона;

7) перегонные времена хода поездов и времена готовности поездов к отправлению передаются в подсистему «построение ПГДП»;

8) на основании полученных данных разрабатывается ПГДП на период $T_{план}$. При разработке ПГДП не допускается:

– изменение графика движения пассажирских и пригородных поездов;

– отправление с технической станции грузового поезда раньше времени его готовности к отправлению, т. е. $T_{N_i;q}^{гот\ отр} \leq T_{N_i;q}^{отпр}$;

– остановка длинносоставных поездов на промежуточных станциях для обгона или скрещения, если полезная длина приемо-отправочных путей меньше длины поезда;

– остановка поездов с негабаритными грузами и ВМ на неспециализированных путях промежуточных станций;

9) разработанные ПГДП по участкам полигона передаются в АС ГИД «Неман».

Расчет производится с учетом взаимного влияния станций участка.

Укрупненная схема автоматизированной разработки прогнозного графика движения поездов приведена на рисунке 1.

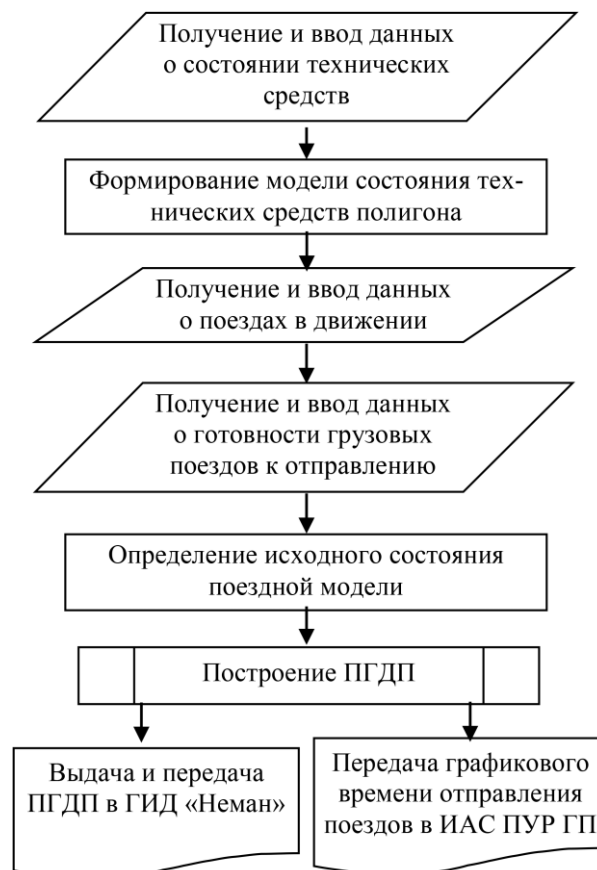


Рисунок 1 – Укрупненная схема разработки ПГДП

При известном исходном состоянии станций участка (занятость путей, времени стоянок) определяется возможность прибытия (проследования) поезда на соседнюю станцию. При отсутствии возможности прибытия определяется время, когда данное событие может произойти, и корректируется время отправления с предыдущей станции. Если возникает ситуация, когда на одну станцию одновременно прибывает два и более поезда, порядок и корректировки времени их прибытия определяются приоритетом поезда. В связи с этим вначале выполняется прокладка поездов с более высоким приоритетом, а затем, в оставшиеся промежутки времени, – поездов с меньшим приоритетом.

Автоматическое построение ПГДП и построение ПГДП по актуальному расписанию прекращается при следующих условиях:

– отсутствуют исходные данные, необходимые для решения задачи;

– на плановом поездном участке произошла аварийная ситуация, исключая пропуск поездов в плановый период или в часть планового периода;

– невозможность обеспечения пропуска поездов по графиковым временам хода;

– нарушение нормальной работы устройств СЦБ и связи;

– невозможность пропуска заданного количества поездов по участку (наличная пропускная способность меньше потребной).

Решение об использовании подсистемы ПГДП для разработки графика на плановый период принимает ДНЦ в зависимости от складывающейся поездной ситуации и иных условий.

ДНЦ имеет право произвести корректировку нормативов ГДП, исходных данных и разработанного ПГДП, если это необходимо для выполнения плана поездной работы и обеспечения безопасного пропуска поездов.

Корректировка ПГДП производится на рабочем месте ДНЦ средствами ГИД «Неман». При этом реализуются следующие функции:

- добавление поезда и его прокладка в варианном графике по установленным и новым перегонным временам хода;
- удаление поезда из прогнозного графика движения поездов;
- параллельный перенос всей нитки;
- изменение времени движения по перегону с параллельным переносом на последующих перегонах (по направлению движения поезда);
- изменение времени движения по перегону с параллельным переносом на предыдущих перегонах (по направлению движения поезда);
- изменение времени движения по двум прилегающим перегонам (без параллельного переноса);
- создание, удаление, изменение остановки с параллельным переносом соответствующей части нитки поезда;
- анализ конфликтов;
- ведение архива корректировок прогнозного графика движения поездов.

В АС ПГДП предусмотрено пять режимов изменения траектории нитки поезда (рисунки 2–6).

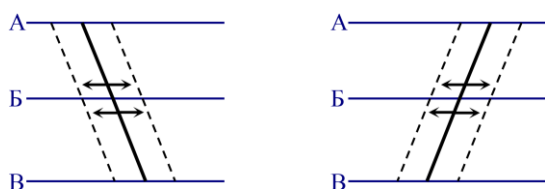


Рисунок 2 – Параллельный перенос всей нитки

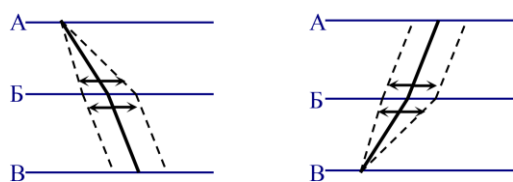


Рисунок 3 – Изменение времени движения по перегону с параллельным переносом на последующих перегонах

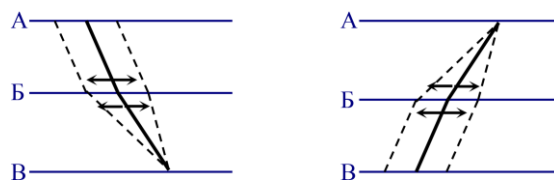


Рисунок 4 – Изменение времени движения по перегону с параллельным переносом на предыдущих перегонах

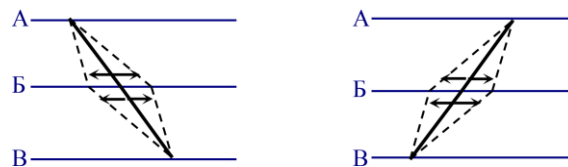


Рисунок 5 – Изменение времени движения по двум прилегающим перегонам

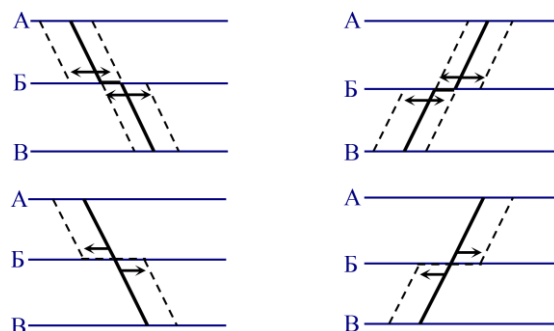


Рисунок 6 – Создание, удаление, изменение остановки с параллельным переносом соответствующей части нитки поезда

При изменении нитки, во всех режимах, кроме приведенного на рисунке 5, производится автоматический пересчет времени нахождения на станции, причем на том перегоне, на котором изменяется время движения по перегону (см. рисунки 3 и 4), времена на станции не меняются.

Корректировка нитки графика с помощью расписания выполняется путем корректировки времен прибытия/отправления/проследования поездов по станциям участка, которые представляются в табличном виде.

При ручной корректировке ПГДП необходимо производить «Анализ конфликтов», возникающих при прокладке плановых ниток, который реализуется средствами ГИД «Неман» по станционным и межпоездным интервалам. Добавление нитки ручным способом в ПГДП производится в случае необходимости пропуска по диспетчерскому участку поезда, который отсутствует по каким-либо причинам в ПГДП.

Прокладка нового поезда на графике может производиться двумя способами:

1) по перегонным временам хода, установленным нормативным графиком движения поездов без учета возникающих «конфликтов». В этом случае может потребоваться ручная корректировка нитки с учетом возникающих конфликтных ситуаций в прокладке поезда;

2) по перегонным временам хода, установленным нормативным графиком движения поездов с учетом возникающих «конфликтов».

Удаление нитки с ПГДП производится в случае, если по каким-либо причинам проложенный в ПГДП поезд исключен из плана отправления поездов. Для удаления поезда в окне ГДП надо выбрать нитку (или поезд в списке поездов) и нажать кнопку «Удаление поезда». Пересчет ПГДП после удаления поезда не производится.

В подсистеме ПГДП должна быть реализована функция ведения архива корректировок. В обязательном порядке в архиве должны фиксироваться следующие действия:

- изменение расписания нитки поезда в таблице;
- изменение траектории движения нитки с помощью одного из возможных режимов;
- добавление нитки;
- удаление нитки;
- скрывание/показ нитки поезда;
- изменения настроек отображения номеров поездов на участке по умолчанию и индивидуально.

Ведение архива должно позволять автоматически отменять выполненные действия и возвращаться к исходному варианту ПГДП.

Срок хранения архива должен быть не менее срока хранения архивов системы ГИД «Неман» с обязательной фиксацией времени и рабочего места выполнения действия.

В настоящее время сотрудниками научно-исследовательской лаборатории «Управление

перевозочными процессами» БелГУТа совместно со специалистами Конструкторско-технического центра Белорусской железной дороги разработан технический проект на АС ПГДП и ведется разработка самой системы. Внедрение системы автоматизированной разработки прогнозного графика движения поездов является первым этапом комплексной автоматизации управления поездной работой на Белорусской железной дороге.

Список литературы

1 Инструкция по определению станционных и межпоездных интервалов. СТП 09150.15.002-2001. Приказ № 548НЗ от 29.12.2001. – Минск : Белорусская железная дорога, 2001. – 107 с.

2 Каретников, А. Д. График движения поездов / А. Д. Каретников, Н. А. Воробьев. – М. : Транспорт, 1979. – 301 с.

3 Порядок планирования, организации предоставления и использования «окон» для ремонтных и строительно-монтажных работ на Белорусской железной дороге. СТП 09150.15.075-2008. Приказ № 1122НЗ от 29.09.2008. – Минск : Белорусская железная дорога, 2008. – 55 с.

4 Порядок разработки графика движения поездов на Белорусской железной дороге. СТП 09150.15.114-2009. Приказ № 1127НЗ от 30.09.2009. – Минск : Белорусская железная дорога, 2009. – 112 с.

5 Управление эксплуатационной работой и качеством перевозок на железнодорожном транспорте : учеб. для вузов / под ред. П. С. Грунтова. – М. : Транспорт, 1994. – 543 с.

Получено 12.04.2011

A. A. Erofeev, E. A. Erofeeva. The automated system of working out of the look-ahead train schedule on Belarusian railway.

The description of the automated system of working out of the look-ahead train schedule is resulted. System elements are defined, technological interrelations between them are established. Requirements to the initial data necessary for automated working out of the look-ahead train schedule are regulated. The description of procedures of automatic construction and dispatching updatings of the look-ahead train schedule is given.