

## АВТОМАТИЗАЦИЯ ДИСПЕТЧЕРСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ПОЕЗДНОЙ РАБОТОЙ НА БЕЛОРУССКОЙ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГЕ

Приведено описание автоматизированной системы разработки прогнозного графика движения поездов. Рассмотрены назначение, состав и структура системы. Установлены требования к входной информации. Регламентированы процедуры автоматического построения и диспетчерских корректировок прогнозного графика движения поездов.

*Ключевые слова:* график движения поездов, диспетчерские корректировки, автоматическое построение

### Введение

Комплексная автоматизация диспетчерского управления является одним из основных направлений повышения качества перевозочного процесса. Частью этой проблемы является автоматизация регулирования движения поездов на перегонах и станциях. 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 диспетчер 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, с целью повышения безопасности и качества принятия управленческих решений целесообразно решение 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 движения поездов следует считать разработку прогнозных графиков движения поездов на 3 часа. Для ее решения необходима разработка автоматизированной системы «Прогнозный график движения поездов» (АС ПГДП), которая является составной частью КС УПР БЧ.

### 1. Общее описание системы

АС ПГДП предназначен для выдачи на АРМ ДНЦ прогнозного графика движения поездов (ПГДП) на период текущего планирования поездной работы.

Назначением подсистемы является:

- разработка ПГДП пассажирских и пригородных поездов с учетом сезонности и дней недели;
- разработка ПГДП с учетом предоставления «окон» и действующих предупреждений;
- разработка ПГДП для заданных размеров движения грузовых поездов;
- разработка ПГДП с учетом реальных времен готовности поездов к отправлению с технических станций;
- формирование ПГДП;
- отображение ПГДП в АРМ ДНЦ средствами ГИД «Неман»;
- ручная корректировка ПГДП;
- анализ ПГДП и расчет показателей.

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

- график исполненного движения (ГИД «Неман»);
- увязка состава образования 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 (п. 6.4.3). План поездной работы должен быть разработан не позднее, чем за 2 часа до начала периода планирования. ПГДП при 3-х часовом периоде планирования разрабатывается 8 раз в сутки.

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

## 2. Автоматическое построение ПГДП

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 целей ведения актуального расписания движения поездов при формировании нормативного графика необходимо предусматривать дополнительные признаки для пассажирских и пригородных поездов «периодичность курсирования».

Выделяются следующие периодичности:

- сезонная (летняя, зимняя круглогодичная, по приказу Н);
- по четным или по нечетным дням;
- по дням недели.

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

На основании вариантного графика движения поездов и периодичности курсирования, 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 вариантных 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 определяется 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 поезда по нитке графика.

В случае если 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 используется 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 поездов по участкам;
- дополнительное время, затрачиваемое на разгон поезда;
- дополнительное время, затрачиваемое на

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  $\|I_{\text{гр}}^i\|$ .

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 ограничивающих участок технических станциях.

Времена хода поездов по перегонам  $\|I_{\text{гр}}^i\|$  зависят от действующих в период  $T_{\text{план}}$  временных ограничений скорости движения поездов, веса 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  $\{I_{\text{нит}}^{\text{зан}}\}_j$  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  $\{m_{N_{i,q}}\}$ .

Укрупненная схема разработки ПГДП приведена на рис. 1.

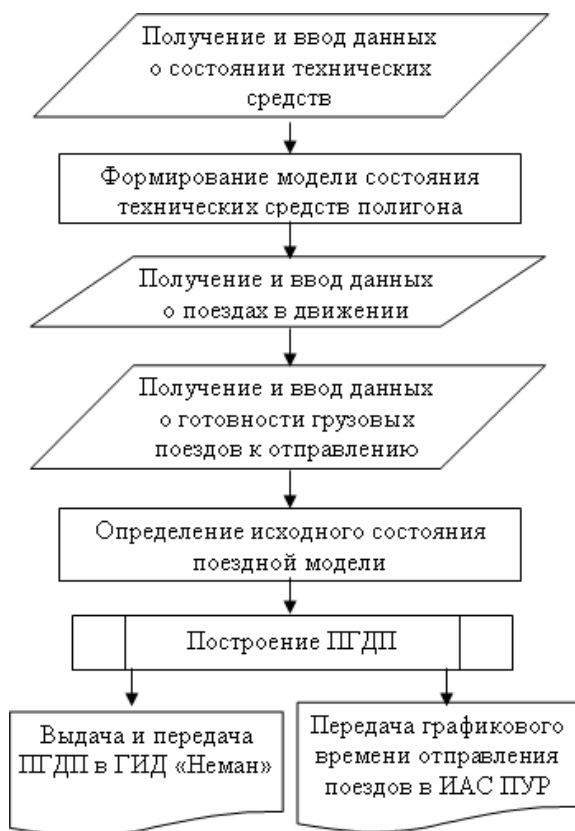


Рис. 1. Укрупненная схема разработки ПГДП

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 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. К таким характеристикам относятся:

- 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.

6. На основании характеристик поезда, серии локомотива и наличия действующих предупреждений определяются перегонные времена хода поездов  $\|t_{\text{гр}}^i\|$ .

Перегонные времена хода принимаются из таблиц либо определяются тяговыми расчетами. На первом этапе реализации подсистемы ПГДП перегонные времена хода принимаются на основании таблиц следующей формы (табл. 1).

Таблица 1

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

Масса состава	Серия локомотива				
	$M1$	$M2$	$M3$	...	$M_i$
$Q1$	$t_{11}$	$t_{21}$	$t_{31}$		$t_{i1}$
$Q2$	$t_{12}$	$t_{22}$	$t_{32}$		$t_{i2}$
$Q3$	$t_{13}$	$t_{23}$	$t_{33}$		$t_{i3}$
...					
$Q_j$	$t_{1j}$	$t_{2j}$	$t_{3j}$		$t_{ij}$

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  $T_{\text{план}}$ . При разработке ПГДП учитываются следующие ограничения:

- не допускается изменение графика движения пассажирских и пригородных поездов;
- не допускается отправление с технической станции грузового поезда ранее времени его готовности к отправлению, т. е.

$$T_{N_{i,q}}^{\text{гот отпр}} \leq T_{N_{i,q}}^{\text{отпр}};$$

– не допускается остановка длиннооставных поездов на промежуточных станциях для обгона или скрещения, если полезная длина приемо-отправочных путей меньше длины поезда. То есть необходимо соблюдения условия

$$L_{\text{полез}}^{\text{пр.отпр}} \geq L_{\text{поезда}};$$

– не допускается 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.

При известном исходном состоянии станций участка (занятость путей, времени стоянок) схема позволяет определить 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 поездов, порядок их прибытия и корректировки времени 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.

### 3. Диспетчерская корректировка ПГДП

Корректировка ПГДП производится на рабочем месте ДНЦ средствами ГИД «Неман».

При корректировке реализуются следующие функции:

– добавление поезда и его прокладка в вариантном графике по установленным перегонным временам хода;

– добавление поезда и его прокладка в вариантном графике по 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 5 режимов изменения траектории нитки поезда (рис. 2–6).

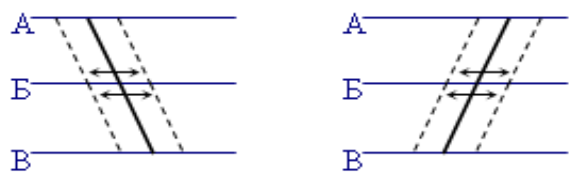


Рис. 2. Параллельный перенос всей нитки

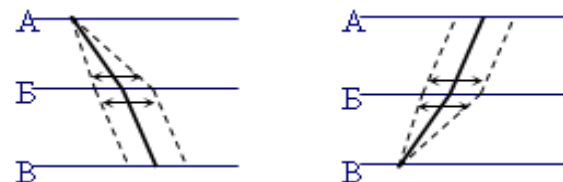


Рис. 3. Изменение времени хода по перегону с параллельным переносом на последующих перегонах

При изменении нитки, во всех режимах, кроме приведенного на рис. 5, производится автоматический пересчет времени нахождения на станции, причем на том перегоне, на котором изменяется время движения по перегону

(рис. 3 и 4) времена на станции не меняются.

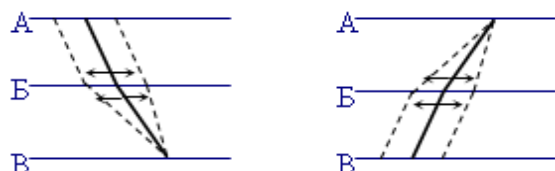


Рис. 4. Изменение времени хода по перегону с параллельным переносом на предыдущих перегонах

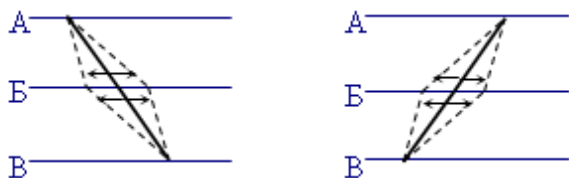


Рис. 5. Изменение времени хода по двум прилегающим перегонам

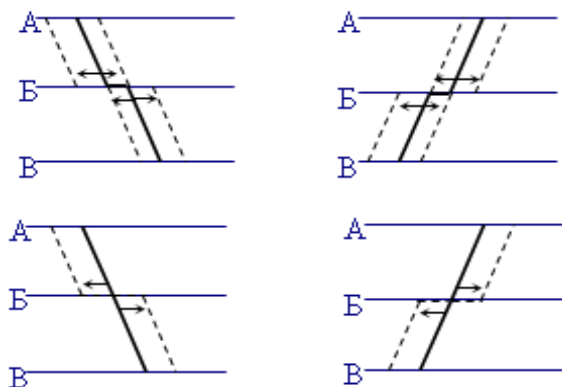


Рис. 6. Создание, удаление, изменение остановки с параллельным переносом части нитки поезда

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

При ручной корректировке ПГДП необходимо производить «Анализ конфликтов», возникающих при прокладке плановых ниток. Анализ конфликтов 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.

Добавление нитки в окне ГДП должно производиться следующим образом:

- на панели инструментов нажать кнопку «добавить поезд»;
- в появившемся окне вводятся следующие данные:

- номер поезда;
- индекс поезда;
- станция отправления;
- время отправления.

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 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:

- изменения расписания нитки поезда в таблице;
- изменения траектории движения нитки с помощью одного из возможных режимов;
- добавления нитки;
- удаления нитки;
- скрытия/показа 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 фиксации времени и рабочего места выполнения действия.

## Заключение

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 раз-

работки прогнозного графика движения поездов является первым этапом по комплексной автоматизации управления поездной работой на Белорусской железной дороге.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Порядок планирования, организации предоставления и использования «окон» для ремонтных и строительно-монтажных работ на Белорусской железной дороге. СТП 09150.15.075-2008. [Текст] – Мн., 2008. – 55 с.
2. Управление эксплуатационной работой и качеством перевозок на железнодорожном транспор-

те. [Текст] / под ред. П.С. Грунтова. М. : Транспорт, 1994. – 459 с.

3. Гребенюк, П. Т. Тяговые расчеты: [Текст] : справочник / П. Т. Гребенюк, А. Н. Долганов, А. И. Скворцова; под ред. П. Т. Гребенюка. – М. : Транспорт, 1987. – 272 с.
4. Каретников, А. Д. График движения поездов. [Текст] / А. Д. Каретников, Н. А. Воробьев. – М. : Транспорт, 1979. – 301 с.
5. Порядок разработки графика движения поездов на Белорусской железной дороге СТП 09150.15.114-2009 [Текст]. – Мн., 2009. – 112 с.

Поступила в редколлегию 02.09.2011.

Принята к печати 09.09.2011.

А. А. ЄРОФЄЄВ, Е. А. ЄРОФЄЄВА

### **АВТОМАТИЗАЦІЯ ДИСПЕТЧЕРСЬКОГО УПРАВЛІННЯ ПОЇЗДОВОЮ РОБОТОЮ НА БІЛОРУСЬКІЙ ЗАЛІЗНИЦІ**

Наведений опис автоматизованої системи розробки прогнозного графіка руху поїздів. Розглянуто призначення, склад і структуру системи. Встановлені вимоги до вхідної інформації. Регламентовані процедури автоматичної побудови і диспетчерських коректувань прогнозного графіка руху поїздів.

Ключові слова: графік руху поїздів, диспетчерські коректування, автоматична побудова

A. A. EROFEEV, E. A. EROFEEVA

### **AUTOMATION OF CONTROLLER'S MANAGEMENT BY TRAIN WORK ON THE BYELORUSSIAN FERROUS ROAD**

The description of the automated system of working out of the look-ahead train schedule is resulted. Appointment, structure and system structure are considered. Requirements to the entrance information are established. Procedures of automatic construction and dispatching updatings of the look-ahead train schedule are regulated.

Keywords: train schedule, dispatching updatings, automatic construction