

Система программ LUKS для исследования пропускной способности

Одна из важных предпосылок эффективной эксплуатации железной дороги — правильный выбор параметров инфраструктуры. Вследствие больших инвестиций в ее объекты и длительных сроков службы каждому новому строительству или модернизации должны предшествовать исследования и оценка ожидаемых результатов в аспекте их влияния на пропускную способность. Основа выбора параметров инфраструктуры — оценка взаимозависимости между параметрами ее объектов, эксплуатационными программами (объем перевозок, пропускная способность) и показателями качества перевозок.

Отправной точкой задачи выбора параметров являются прогноз развития объема перевозок и вытекающие из него программы эксплуатации по инфраструктурным предприятиям компании DB Netz, входящей в состав холдинга железных дорог Германии (DB). Указанные программы базируются прежде всего на прогнозируемом объеме перевозок и ориентированы на выполнение стратегических целей, намеченных на 2015 г. Выбранные параметры нужно привести в соответствие с программой на 2025 г. Федерального министерства транспорта, которое должно обеспечить разработку совместимой с федеральной схемой линий и узлов долговременной концепции оснащения планируемых линий и узлов эксплуатационной инфраструктурой.

Для оценки действительных параметров планируемой инфраструктуры ожидаемое в будущем число поездов еще не является решающим показателем. Следует учитывать распределение во времени (график движения) поездов и важную для оценки пропускной способности структуру перевозок (соотношение численности пассажирских и грузовых поездов).

При выборе параметров эксплуатационной инфраструктуры применяют специфические для железнодорожного транспорта методы и инструменты, отражающие его типичные технологические взаимосвязи. Для правильного выбора требуются расчеты и моделирование, на основе которых можно сделать выводы о пропускной способности инфраструктурных объектов.

Научно-исследовательский институт транспорта земли Северный Рейн-Вестфалия (г. Ахен) в сотрудничестве с компанией VIA-Con и Инженерным обществом Schultze Wakob und Partner разработал систему программ LUKS для исследования пропускной способности

узлов и линий. Эта система, построенная на единой платформе, соединила в одном инструменте почти все ранее применявшиеся методы и расширенные алгоритмы (рис. 1).

Методы, процедуры и инструменты

Эксплуатация железных дорог предполагает эффективно запланированное использование инфраструктуры, подвижного состава и персонала.

Если в XIX в. вследствие малой плотности железнодорожной сети и обусловленной этим незначительной пропускной способности узлов на переднем плане стояли вопросы строительства линий и подвижного состава, то с повышением требований к пропускной способности появился интерес к систематизированному рассмотрению эксплуатационных процессов на станциях и магистральных линиях.

В 1920-х годах возникла новая дисциплина — наука о технической эксплуатации железных дорог. В ее основу положены существовавшие

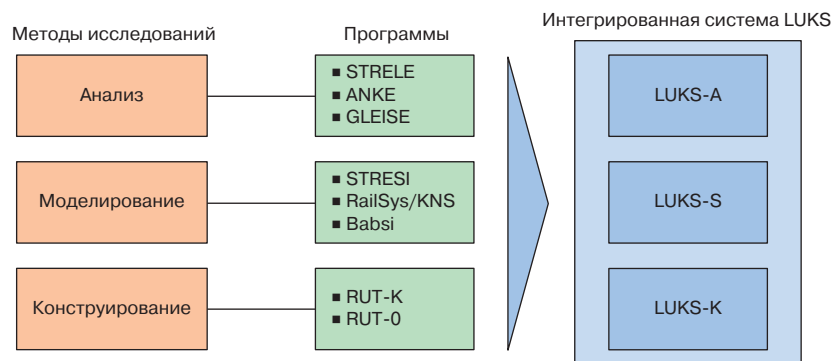


Рис. 1. Схема интегрированной системы LUKS

на то время методы исследования узлов, которые, однако, характеризуются исключительно детерминированным подходом, применимы только для установившихся процессов, отображаемых и наблюдаемых в узких границах. В связи с этим данные методы могут использоваться только для изучения уже имеющихся сооружений.

На железных дорогах Германии (DB) к началу 1950-х годов возникло понимание необходимости наличия в графике движения резервного времени. Сегодня определены такие понятия, как регулировочное и резервное время. Первое служит для компенсации превышения времени хода поезда, предусмотренного графиком, по эксплуатационным причинам, а также для сокращения опозданий, а второе — для предотвращения опоздания последующих поездов, которое могло иметь место из-за опоздания первого.

К концу 1950-х годов оформился переход от детерминированного к стохастическому подходу, благодаря чему на основе принципов теории вероятностей удалось учесть многочисленные возникающие в процессе эксплуатации возмущающие факторы. С конца 1960-х годов, не в последнюю очередь под влиянием постоянно прогрессирующей вычислительной техники, стали разрабатывать современные математико-аналитические и экспериментальные методы, которые до сегодняшнего дня являются предметом изучения и дальнейшего развития. В частности, они нашли применение при интеграции и совершенствовании имеющихся инструментов электронной обработки данных в программной системе.

Повод и отправная точка создания системы LUKS — обилие имеющихся программ с их недостатками в отношении ввода и использования данных о графиках движения и инфраструктуре, содержащихся в оперативных системах компании

DB Netz. Для моделирования и аналитических расчетов одного и того же узла инфраструктурные и графические данные нужно было регистрировать в отдельных системах. Лишь в системе SLS для исследования линий существовал ориентированный на пользователя инструмент, который соединял моделирование графика движения и процесса эксплуатации (STRESI) с расчетом показателей пропускной способности (STRELE).

Система программ LUKS

Система LUKS состоит из нескольких основных компонентов, включая модули для конструирования графиков движения, аналитического изучения линий и узлов, моделирования процесса создания графика движения в условиях изменяющихся эксплуатационных процессов.

Моделирование инфраструктуры

База всех исследований — представление на модели запланированной или имеющейся в распоряжении инфраструктуры. В качестве основы используется применяемая DB Netz схема сети DaVIT. В системе LUKS она расширена несколькими элементами, чтобы можно было учесть, например, применяемые или намеченные к применению системы обеспечения безопасности движения поездов (PZB90, LZB или ETCS уровней 1, 1 LS, 2 и 3). Моделирование инфраструктуры выполняется с точностью до 1 м. При этом модель может быть использована для уточненных расчетов времени поездки и времени занятия инфраструктуры с учетом дополняющих деталей.

Совместимость с планом расположения путей DaVIT делает возможным использование уже имеющихся в DB Netz данных с минимальными затратами через

интерфейс XML. Кроме того, могут быть импортированы данные из известных инструментов семейства программного обеспечения RuT-0 (SPURPLAN, FAKTUS, ANKE).

Редактор инфраструктуры. Исследования эксплуатационного процесса нередко требуют быстрого изменения импортируемых инфраструктурных данных. Кроме того, регистрация новых объектов инфраструктуры также не должна требовать высоких затрат.

Стандартная форма редактора инфраструктуры представляет собой экранное окно с обычным для LUKS делением на две части: в верхней приводится подробный план путевого развития, в нижней — уточняющие детали актуализированного программного модуля.

В режиме редактирования на экран могут последовательно выводиться нужные элементы инфраструктуры, в том числе стрелочные переводы и другие актуализируемые элементы плана путей, а также некоторые переключатели, позволяющие выводить на экран числовые значения элементов и графические изображения.

При разработке интерфейсов пользователя большое значение придается упрощению стандартных рабочих этапов, которые должны выполняться с помощью минимального числа операций обслуживания. Так, отдельные редакторы построены с ориентацией на контекст. Это позволяет отказаться от использования диалоговых окон, значительно осложняющих процесс обработки данных.

Маршруты и путь. На основе применяемой в компании DB Netz модели SPURPLAN в системе LUKS генерируются частичные маршруты для отображения любых перемещений поездов, допустимых с точки зрения техники СЦБ. Каждый такой маршрут описывает движение поезда начиная от границы одного так называемого поста, через стрелочные переводы и до границы

следующего поста. В качестве начальных и конечных постов могут служить остановочные пункты, тупики или охранные брусья.

Наряду с частичными маршрутами в системе LUKS как рабочий элемент фигурируют также стационарные пути. Они тоже базируются на зарегистрированной инфраструктуре и используются в системе для того, чтобы при аналитических исследованиях разграничивать так называемые группы путей или при моделировании разделять в конкретных местах варианты отдельных маршрутов следования поездов.

Моделирование программы эксплуатации

Программа эксплуатации в пределах рассматриваемой зоны в общем подвергается более частым изменениям, чем положенные в основу данные по инфраструктуре.

Система LUKS, берущая информацию из программы RuT-K, кроме того, в состоянии импортировать с помощью интерфейсов Rail ML данные из других инструментов, используемых наукой об эксплуатации железных дорог. С помощью модуля VARIATO реализуются также специализированные интерфейсы, необходимые для обмена данными.

Поскольку система LUKS может применяться как для аналитического исследования линий и узлов, так и для моделирования процессов, в том числе составления графика движения, в ней используются и иерархически управляются в древовидной структуре следующие понятия:

- одиночные полносоставные поезда;
- неполносоставные поезда;
- модельные поезда;
- семейства поездов.

Неполносоставные поезда наилучшим образом корреспондируются с понятием поездного рейса, используемым в системе LUKS. Основные свойства такого рей-

са — характеристика поезда и длина пробега. В некоторых случаях может оказаться, что при моделировании один рейс нельзя представить отдельным неполносоставным поездом, например на маршруте Кёльн — Мангейм через Франкфурт-на-Майне. В этом сообщении поезд во Франкфурте-на-Майне меняет направление движения, при этом машинист переходит в кабину на другом конце поезда. Поскольку по причинам совместимости систем, применяемых на сети компании DB Netz, с другими системами каждый пост в одной поездке может быть пройден только один раз, то такой поезд в модели представляют двумя неполносоставными (один следует из Кёльна во Франкфурт-на-Майне, второй — из Франкфурта-на-Майне в Мангейм). Тем не менее оба неполносоставных поезда выполняют один рейс. В системе LUKS используются понятия одиночного и модельного поездов. С их помощью один объект может рассматриваться как несколько неполносоставных поездов, представляющих единый поездный рейс.

Одиночный и модельный поезда различаются своим дальнейшим применением. Одиночные поезда необходимы для разработки графика движения и моделирования. Каждый из них представляет собой реальный маршрут с конкретным временем отправления.

Модельные поезда необходимы для аналитических исследований, когда в один рейс объединяются несколько одинаковых одиночных маршрутов. Тем самым модельный поезд представляет один или несколько самостоятельных одиночных поездов, что, например, может быть отражено в суточном графике движения.

Связь между одиночными и соответствующими модельными поездами в системе LUKS реализуется с помощью так называемого семейства поездов, могущего включать любое число одиночных поездов,

объединенных определенной общностью (движение по тактовому графику, одинаковый маршрут следования). Кроме того, семейство поездов может включать максимум один модельный поезд, который в аналитическом расчете представляет все одиночные поезда.

Семейство поездов может представлять движение по тактовому графику или по маршруту, в котором содержится несколько конкретных поездных рейсов (одиночных поездов), отображенных одним, специально обозначенным поездом (модельным).

Так как в зависимости от вида научных исследований эксплуатационного процесса необходима та или иная категория поездов, LUKS в состоянии с помощью так называемого генератора разрабатывать все репрезентативные одиночные поезда на базе имеющихся данных о модельных поездах. Генератор анализирует программу эксплуатации зарегистрированных модельных поездов и создает нужные одиночные с конкретным временем отправления.

Тем самым аналитические результаты можно проверить с помощью моделирования. Далее, используя небольшой объем данных, можно быстро разработать реальный график движения. Для учета одной линии с получасовым тактом в течение 10 ч не требуется по отдельности регистрировать все 20 поездных рейсов. Вместо этого нужно ввести только один модельный поезд с соответствующей программой эксплуатации. На его основе генератор поездов автоматически разработает все 20 конкретных маршрутов.

После генерирования допускается дополнительное изменение созданных маршрутов вручную. Таким образом можно, например, реализовать с минимальными затратами укороченный маршрут следования или использовать тяговый подвижной состав другого типа.

Характеристика поезда. Наряду с эксплуатационными характеристиками поездного рейса большое значение имеют также динамика хода и пробег.

Дополнительно при выборе тягового подвижного состава из соответствующего банка данных в системе LUKS можно учитывать и такие параметры, как масса, максимальная скорость и оснащенность различными системами обеспечения безопасности движения.

Отображение пройденного пути. Пройденный путь определяется в системе LUKS как сумма отдельных участков. Наряду с последовательностью их прохождения можно учитывать минимальное время остановок, а также резерв времени на обходы и путевые работы. Для удобного учета этих данных LUKS содержит собственный модуль, дающий возможность интерактивной корректировки графика движения.

Расчет времени хода и занятости инфраструктуры

На основе имеющейся инфраструктуры и загруженных данных о поездах система LUKS в состоянии выполнять расчет времени

хода поездов с точностью до метров и секунд. Наряду с представлением его результатов в виде таблицы предлагается также графическая визуализация движения. На рис. 2 приведена скоростемерная лента одной поездки. Она отображает ограничения скорости по системам обеспечения безопасности движения (кривая 1) и по профилю участка (кривая 2), а также реальную скорость движения (3) и кривую уклонов продольного профиля (4). На кривых зависимости пути от времени могут быть обозначены также конфликты занятости инфраструктуры, когда на доступ к ней претендуют несколько поездных рейсов в одно и то же время. Эти конфликты устраняются в ходе дальнейшей обработки и корректировки маршрута.

Методы, интегрированные в систему LUKS

Систему LUKS используют для научных исследований в сфере эксплуатации железных дорог с применением конструкторских, аналитических и моделирующих методов. Так как все указанные методы базируются на общих исходных данных (условия окружающей среды,

технические характеристики компонентов системы, инфраструктура), возможно простое сопоставление различных подходов к решению. При этом экономится рабочее время и устраняются возможные источники ошибок, которые в противном случае могут возникнуть вследствие:

- экспорта данных из одной программы и их импорта в другую;
- многократной обработки одних и тех же данных в различных программах;
- разных настроек;
- различий в точности расчетов.

Система LUKS свободна от этих недостатков и предоставляет в распоряжение исследователей три метода исследования процессов железнодорожной эксплуатации (модули LUKS-K, LUKS-A и LUKS-S)

LUKS-K

Модуль LUKS-K делает возможной интерактивную точную корректировку графика движения зарегистрированных в редакторе поездных рейсов. Модуль может быть применен для удобной визуализации и обработки поездных рейсов, которые затем используются в модулях LUKS-A и LUKS-S.

Кроме того, модуль пригоден для научных исследований в области железнодорожной эксплуатации. При этом могут применяться конструкторские методы, базирующиеся на той идее, что разработчик с помощью интерактивной точной корректировки графика движения вручную разрешает существующие конфликты и таким образом разрабатывает реальный график движения. Так как формируется конкретный график движения, все его нитки должны учитываться детально. Оценка степени загруженности отдельных инфраструктурных объектов или линий при наличии лишь ориентировочных данных возможна с ограниченной точностью.

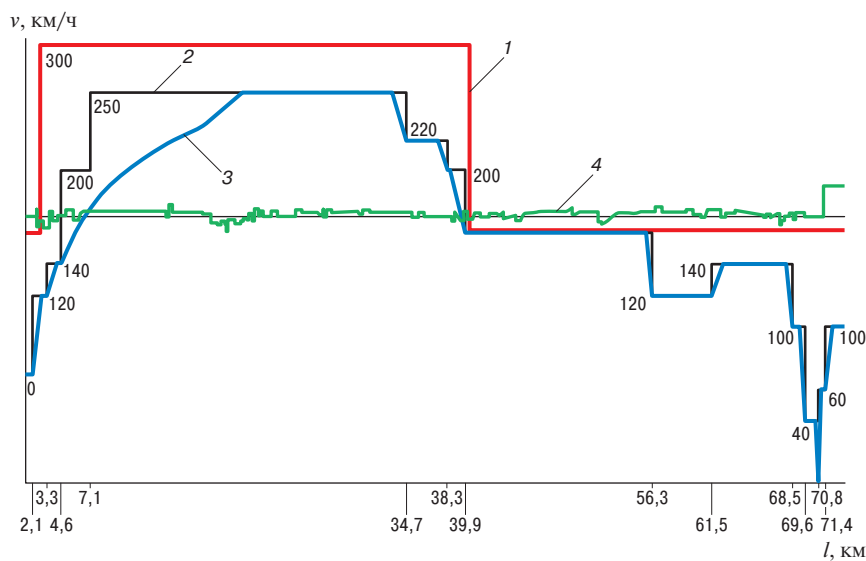


Рис. 2. Скоростемерная лента поездки

LUKS-A*Область применения
аналитических методов*

Чтобы составить правильное представление о загрузке инфраструктурных объектов или их поведении при повышенной загрузке отдельных линий, предлагаются аналитические методы. Аналитическое моделирование дает преимущество в виде быстрой идентификации узких мест инфраструктуры благодаря определению значительно загруженных стрелочных зон или групп путей.

Оценка перспективного развития эксплуатационных программ может быть выполнена с помощью различных инструментов, например графиков суточной загрузки или моделирования случайных величин, т. е. независимо от данных конкретного графика движения поездов. Одиночные рейсы реальных поездов с одинаковым пробегом, одной последовательностью остановочных пунктов и однородной конфигурацией составов объединяются в маршруты модельных поездов.

Классическим примером этого подхода являются перевозки по тактовым графикам. Каждый такт представляется единственным модельным поездом с соответствующим временем отправления.

Встроенные в систему LUKS методы являются дальнейшим развитием систем ANKE и STRELE (см. рис. 1).

Этапы расчета

Аналитическое исследование в системе LUKS начинается с разграничения инфраструктуры на так называемые элементарные узлы (ТФК). С их помощью можно точно локализовать узкие места как на узловых станциях, так и на перегонах, примыкающих к станциям, и горочных путях.

Для этого, опираясь на результаты расчета занятости инфраструктуры, находят минимальные интервалы следования поездов для всех случаев, которые зависят от плана предоставления окон и категорий всех участвующих поездов.

Сначала устанавливают возможные станции обгона на основе анализа параметров поездов и существующей эксплуатационной ситуации. Для каждого участка обгона рассчитывают минимальное время хода (в определенных обстоятельствах с резервом времени — например, для обгона по неправильному пути) и добавляют определенный минимальный интервал следования поездов соответствующего ТФК.

Для определения участков обгона система LUKS в состоянии автоматически вводить дополнительные остановки по техническим причинам, если необходимо изменить путь пробега поездов таким образом, чтобы за основу можно было принять оптимальное время хода. Особенность (в сравнении с прежними методами) заключается в учете времени процессов торможения и разгона при автоматически вводимых остановках согласно инструкции DB Ril 4405.

Последующий расчет пропускной способности включает в себя определение времени ожидания (на базе модели очереди), причем различаются плановые и внеплановые отрезки времени ожидания.

Плановое время ожидания получается при такой структуре графика движения, при которой поезда вытесняются из своей запланированной нитки конфликтами занятости. Это время может рассчитываться с помощью модели очередей.

В противоположность плановому внеплановое время ожидания возникает не в процессе конструирования графика движения, а в ходе эксплуатации.

На заключительном этапе расчетные значения сравниваются с допустимыми (на основе заданных

масштабов качества). Это сравнение позволяет сделать вывод о степени загруженности отдельных ТФК и ожидаемом качестве эксплуатационного процесса. Тем самым возможна идентификация сильно и слабо загруженных инфраструктурных объектов на основе предусмотренной программы эксплуатации.

Пользовательский интерфейс аналитического модуля LUKS представляет собой экранное изображение, в верхней части которого показан план расположения путей с ТФК, окрашенными в разные цвета. Эти цвета позволяют быстро идентифицировать слабо- и высокозагруженные области на основе расчетных качественных факторов. В нижней части экрана указывается информация о ТФК, которая, помимо прочего, содержит матрицу минимальных интервалов следования поездов, визуальное изображение суточной загрузки, а также детальные результаты расчетов времени ожидания.

LUKS-S

Этот модуль делает возможным моделирование разработки графика движения и организации движения поездов. Оба режима моделирования работают на основе зарегистрированных инфраструктурных и поездных данных.

Разработка графика движения интерпретирует имеющиеся поездные рейсы как заказы на нитки в графике и формирует из них реальный график с минимальными отклонениями от желаемых положений. Тем самым она предлагает близкое к реальности отображение процесса распределения ниток и является расширением метода BABSI.

Для моделирования организации движения поездов на вход подаются бесконфликтный график движения и параметры возможных нарушений. В этом режиме может использоваться смешанный метод. Распознавание и разрешение

конфликтов происходят асинхронно, что позволяет отобразить предусмотренное регулирование парка в центральных пунктах управления. Поездные рейсы, напротив, моделируют синхронно, чтобы сделать возможным отображение непредвиденно возникающих нарушений.

Моделирование разработки графика движения

Моделирование разработки графика движения в системе LUKS осуществляется на основе иерархического подхода. Оно начинается с чистого бланка графика, в которой сначала вносятся только поездные рейсы высшего приоритета. Все эти рейсы вносятся в бланк одновременно.

После этого рассматривается первый (в хронологическом порядке) конфликт занятости. Для него разрабатываются и оцениваются несколько возможных альтернатив разрешения. При этом рассматриваются следующие подходы:

- изменение пути пробега на одном или нескольких интервалах между постами;
- изменение очередности постов;
- объезд;
- увеличение времени остановок;
- соединение запаса времени на обгон и скрещение;
- параллельный сдвиг всей нитки.

Для обоих конфликтующих поездов рассчитывают все имеющие смысл изменения, привлекают дополнительные (плановые) резервы времени ожидания. В заключение реализуется альтернатива с лучшей оценкой. Если целесообразное решение найти невозможно, одна из двух ниток на графике отклоняется. Таким способом хронологически отрабатываются все имеющиеся конфликты.

Как только бланк графика движения становится бесконфликтным, в него вводятся все поезда более низких приоритетов, и вновь возникающие конфликты разрешаются

рассмотренным способом. Этим способом конструируются по ступеням приоритета все поездные рейсы, и на базе занятости ниток создается приемлемый график движения.

При возникновении конфликта между поездами с разными ступенями приоритета LUKS-S предлагает два способа действия. Если речь идет о полном приоритете, то конфликт разрешается в пользу поезда более высокого ранга. При частичном преимуществе возможно внесение изменений в рейс более высокого приоритета, если это решение значительно лучше, чем альтернативные. Применяя понятие частичного приоритета, можно и в процессах прокладки ниток реальных графиков использовать в моделях некоторую свободу действий при выборе предпочтительных решений.

Моделирование процесса эксплуатации

Применение для моделирования процесса эксплуатации чисто асинхронных методов предполагает работу без временных ограничений и позволяет свободно прокладывать нитки поездных рейсов. В связи с этим все возникающие сбои и нарушения бывают известны уже к началу моделирования и могут быть учтены в совокупности. Благодаря этому нарушения не возникают неожиданно, что сглаживает их остроту.

С другой стороны, чисто синхронные методы могут реально отражать неожиданное возникновение нарушений, однако они ограничивают возможности диспетчерского регулирования.

Чтобы использовать сильные стороны обоих подходов и в то же время по возможности избежать их слабостей, LUKS-S применяет новый метод, который сочетает синхронный и асинхронный подходы. Основная идея этого метода — работа двух не зависящих друг от

друга агентов, называемых «Сеть» и «Диспетчер», с двумя параллельными модулями, информация которых взаимно изолирована.

Агент «Сеть» синхронно моделирует работу машиниста и участкового поездного диспетчера. Она контролирует скорость поездов и сохраняет в памяти места их остановок. Кроме того, этот агент моделирует схему маршрутов, положение сигналов и фиксирует случайные нарушения. Комплексного разрешения конфликтов в этой сфере не происходит. Конфликты занятости инфраструктуры разрешаются исключительно смоделированной системой безопасности, а именно уменьшением длины составов.

Агент «Диспетчер» моделирует работу участковых диспетчеров центрального диспетчерского пункта. Поскольку он не имеет доступа к информации агента «Сеть», то ему неизвестно точное расположение поездов, но он может его прогнозировать на базе телеграмм, посылаемых агентом «Сеть». Если в прогнозе возникают конфликты, они разрешаются с помощью асинхронных решений. На основе результатов анализа текущей эксплуатационной ситуации разрабатывается новый вариант графика движения поездов, который затем передается агенту «Сеть».

Модель эксплуатационного процесса формируется циклическими взаимодействиями между обоими агентами и часами модели. К началу каждого цикла эти часы запускаются и идут в течение нескольких секунд. Одновременно срабатывает агент «Сеть» и дает возможность поездам в течение этих нескольких секунд перемещаться по сети. Он учитывает все возможные нарушения и использует резервы времени, предназначенные для компенсации опозданий.

Если во время этого шага возникают особые события, например включение запрещающего показания сигнала или начало поездно-

го рейса, агент «Сеть» посылает телеграмму агенту «Диспетчер», который обрабатывает телеграммы и рассчитывает прогноз. Случайно возникающие конфликты разрешаются с учетом времени модельных часов. Регулируемое решение в виде изменений длины пробега или времени стоянки передается агенту «Сеть» в форме команды. Этим процессом заканчивается прохождение цикла. Он может повторяться до тех пор, пока поезд не достигнет станции назначения.

Основой оптимального процесса эксплуатации является бесконфликтный график движения. Он должен задаваться оператором или автоматически разрабатываться путем моделирования. Система LUKS-S предлагает также возможности применения метода двухступенчатого моделирования, когда на базе заказанных ниток сначала разрабатывают бесконфликтный график движения, который перед передачей к исполнению проверяется на надежность.

Оценка

Все выполненные программой LUKS-S циклы моделирования архивируются, что дает возможность их последующей оценки. При этом возможна оценка как отдельных процессов, так и суммы нескольких. Дальнейшие возможности оценки:

- составление ведомости всех выполненных мероприятий с обоснованием, делающим прозрачным ход моделирования;

• визуализация развития опозданий;

- табличная оценка времени ожидания и опоздания при нарушении графика;

- табличная форма фиксации занятости блок-участков в ходе эксплуатации.

Практическое применение и перспективы развития

В октябре 2009 г., с внедрением модификации системы LUKS 1.4, компания DB Netz получила алгоритмически развитый инструмент, который достиг практической зрелости и применяется для решения задач железнодорожной эксплуатации, в частности проблем пропускной способности.

Далее с вариантом системы LUKS 1.5 в компании DB Netz начинается интеграция ранее применявшегося отдельно метода STRELE (пропускная способность линий) в состав системы LUKS, которая завершилась с появлением варианта LUKS 1.6 в 2010 г. Предусматриваются также разработка и встраивание в систему LUKS новых алгоритмов. При этом были поставлены следующие цели: полная интеграция всех стандартных методов железнодорожной эксплуатации в LUKS; завершение оптимизации алгоритмов моделирования; подготовка универсальных

графических инфраструктурных интерфейсов.

Бригада разработчиков намерена в рамках развития системы LUKS выполнить следующие задачи:

- определение препятствий, связанных с инфраструктурой;

- отображение мест проведения путевых работ и возможных сбоев в движении поездов;

- расчет минимальных интервалов следования поездов;

- реализация новых программных модулей для расчета внепланового времени ожидания в узлах несекционированных маршрутов;

- реализация новых программных модулей для расчета внепланового времени ожидания по группам путей;

- реализация высших иерархических структур и сопряженных с ними алгоритмов для учета взаимодействия между отдельными элементами сети (сопряжения) линий, узлов несекционированных маршрутов и групп путей (сопряжения между элементами сети).

Целью дальнейших работ по системе LUKS являются оптимизация функций, отображающих оценки и результаты, а также (параллельно) учет пожеланий пользователей в отношении обслуживания программы.

По материалам исследовательского института транспорта RWTH в Ахене (www.via.rwth-aachen.de) и компании DB Netz (www.db-netz.de); Eisenbahntechnische Rundschau, 2010, № 1/2, S. 25 – 32.

Редакция журнала

«Железные дороги мира»

приглашает на внештатную работу переводчиков с английского, немецкого и французского языков, имеющих опыт работы на железнодорожном транспорте и проживающих в Москве или Московской области.

Обращаться по телефону (499) 317-55-65 или по электронной почте info@zdmira.com.