

**ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ТРАНСПОРТНОГО КОМПЛЕКСА**

УДК 656.2, 656.073, 004.9

*А. А. ЕРОФЕЕВ, кандидат технических наук, В. Г. КУЗНЕЦОВ, кандидат технических наук, В. Г. КОЗЛОВ, Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель; Г. В. ГЛЕВИЦКИЙ, Белорусская железная дорога, г. Минск*

### **ПРИМЕНЕНИЕ ПРЕДМЕТНО-ОРИЕНТИРОВАННОЙ ГИС ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ОПЕРАТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ ПЕРЕВОЗОЧНЫМ ПРОЦЕССОМ НА БЕЛОРУССКОЙ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГЕ**

Информационно-аналитические модели оперативного управления перевозочным процессом являются основой принятия управленческих решений диспетчерским персоналом и технологами железной дороги. Для повышения качества использования моделей в оперативной деятельности необходимо развивать базу данных об объектах управления на основе использования геоинформационных систем (ГИС) и необходимых для этого ГИС-технологий. ГИС Белорусской железной дороги (ГИС БЧ) является предметно-ориентированной и формируется на основе двух подходов: объектно-ориентированного и процессно-ориентированного, что отражает сетевой характер построения транспортной инфраструктуры и динамический характер перемещения транспортных средств. Решение задач оперативного управления перевозочным процессом реализуется на основе взаимодействия ГИС БЧ с навигационными системами, что обеспечивает определение с необходимой точностью дислокации и параметры движения поездов, вагонов, грузов, иного подвижного состава, перемещения оперативных работников. Представлены процессно-объектные модели реализации перевозочного процесса на объектах инфраструктуры и управления перемещением транспортных средств. Определены требования и условия использования ГИС-технологий при решении задач перевозочного процесса.

**Р**асширение использования информационно-аналитических моделей оперативного управления перевозочным процессом требует наличия полной и детальной базы данных об объектах инфраструктуры, подвижном составе и постоянного мониторинга изменения их состояния. Новые механизмы формирования банка данных цифровых моделей объектов перевозочного процесса должны основываться на геоинформационных принципах и позволять в оперативном режиме моделировать состояние объектов управления железнодорожного транспорта: железнодорожных станций, узлов, участков, направлений. Для этого необходима унификация требований к содержанию и форме представления информации о цифровых моделях объектов перевозочного процесса Белорусской железной дороги [4, 10, 11].

Решение эксплуатационных задач, связанных с организацией перевозочного процесса, базируются на геоинформационной системе Белорусской железной дороги (ГИС БЧ) общего назначения и средствах ее настройки для решения прикладных задач оперативного управления перевозочным процессом.

Базовая ГИС БЧ должна включать функциональные инвариантные блоки, формирующие **проблемно-ориентированную ГИС** для решения задач оперативного управления перевозочным процессом: ввод графической и параметрической информации об объектах и изменениях их состояния, актуализация базы данных об объектах, хранение и поиск информации, инструментальные средства построения тематического описания предметной области перевозочного процесса, средства для решения прикладных задач оперативного управления.

Проблемно-ориентированная ГИС на основе базовой ГИС БЧ осуществляется путем построения классификатора и моделей объектов предметной области пе-

ревозочного процесса, а также включения специализированных программных средств для решения прикладных задач оперативного управления перевозочным процессом.

Проблемно-ориентированная ГИС формируется на основе двух подходов: объектно-ориентированного и процессно-ориентированного.

*Объектно-ориентированный подход* базируется на представлении в ГИС БЧ каждого объекта предметной области перевозочного процесса в виде классификатора и описания его набором свойств-характеристик. Для описания взаимосвязей между объектами используется специальная единица данных – отношение. Комбинации этих элементов образуют модели объектов и ситуации. Классификатор представляет собой совокупность систематизированных по классификационным признакам исходных единиц информации (слоев, семантических характеристик и объектов предметной области) и их группировок, представляющих обобщенные понятия. Создание модели объектов необходимой предметной области управления перевозочным процессом позволяет адаптировать базовую ГИС БЧ к решению задач оперативного управления перевозочным процессом.

*Процессно-ориентированный подход* предполагает формирование модели выполнения технологических (управленческих) процессов (операций), направленной на достижение конечной цели решения прикладной задачи оперативного управления перевозочным процессом – завершении задачи в установленные ТНПА (локальными актами) сроки.

Под процессом в общем случае понимается совокупность технологически взаимосвязанных операций в рассматриваемом виде перевозочной деятельности на объекте железнодорожной инфраструктуры, преобразующих входные транспортные потоки в выходные с необходимыми параметрами [7].

Для решения задач оперативного управления эксплуатационной работой процессы следует рассматривать как перемещение множества транспортных потоков на полигоне железнодорожной инфраструктуры, реализуемое в результате определённого технологического процесса (технология работы станции, технология взаимодействия станции и мест необщего пользования, графика движения поездов, системы эксплуатации локомотивов, организации вагонопотоков и иных процессов), то есть совокупности последовательных процессов и операций, выполняемых множеством участников перевозочного процесса [8, 12].

На объектах инфраструктуры (ОИ) под процессом можно также рассматривать и обслуживание транспортного потока без перемещения подвижного состава (техническое, коммерческое, таможенное, пограничное и иное). В этом случае в модели изменяются семантические свойства объектов подвижного состава (ОПС) и их логические отношения с ОИ [5, 6].

Сущность процессно-ориентированного подхода применительно к моделированию перевозочного процесса на инфраструктуре железнодорожного транспорта заключается в систематизации и объединении на полигоне оператора инфраструктуры процессов перемещения (обслуживания) транспортного потока в соответствии с требованиями к параметрам перемещения (обслуживания) заявленного транспортного потока и возможностями инфраструктуры по их пропуску. С позиции процессно-ориентированного подхода перевозочный процесс определяется как упорядоченное во времени и пространстве множество действий (операций) участников перевозочного процесса, связанное с перемещением транспортного потока по инфраструктуре в соответствии с маршрутом его следования и обслуживанием на ОИ.

Использование вышеуказанных принципов построения информационно-аналитической системы позволяет на основе базовой ГИС БЧ реализовать проблемно-ориентированную ГИС оперативного управления перевозочным процессом.

**ГИС БЧ должна иметь три функциональных подсистемы:** классификатора, информационно-аналитическая, картографическая [1].

Подсистема классификатора – специализированный программный комплекс, предназначенный для ведения классификатора объектов, их семантических характеристик, показателей мониторинга и оперативного контроля ОИ и ОПС на железнодорожном транспорте. Классификатор определяет набор средств для идентификации, описания, структурирования и кодирования всех используемых понятий мониторинга в виде иерархического дерева, что обеспечивает структуризацию информационных ресурсов и позволяет организовать поиск объектов и их характеристик в информационной базе. Классификатор используется в автоматизированных процедурах ввода, хранения, обработки и выдачи всех видов информации, представленных в рамках системы, как в параметрической, так и в картографической формах. Классификатор включает как международные (в рамках МСЖД, ОСЖД, Содружества железных дорог и других объединений) статистические классификаторы и справочники, так и нацио-

нальные, отраслевые. Подсистема обеспечивает реконструирование классификатора и модификацию базы данных по результатам изменения классификатора.

Информационно-аналитическая подсистема предназначена для поддержки ввода, обработки и представления результатов обработки показателей мониторинга и оперативного контроля состояния ОИ и ОПС. Подсистема обеспечивает: ввод и актуализацию параметрических данных; построение проблемно-ориентированных моделей ввода и отображения; построение фильтров отбора информации на основе классификатора и логических условий; отслеживание динамики исходных и расчетных показателей в заданном интервале с заданными периодами; выполнение расчетов по количественным показателям; отслеживание данных по уровням обобщения классификатора ОИ, ОПС и их характеристик; представление результатов мониторинга в виде таблиц, диаграмм и графиков [3, 5, 8].

Картографическая подсистема предназначена для картографического представления объектов мониторинга. Подсистема обеспечивает: редактирование графической информации; привязку объектов к электронной карте железнодорожного полигона (пути, парка, маневрового или грузового района станции, перегона, железнодорожного участка, района управления ЦУМР, ЦУП и другие); привязку к объектам управления (железнодорожных станций, железнодорожных участков, районов управления, отделений и т.п.) их ситуационных (текущих) планов; многоуровневую визуализацию графической информации; отображение элементов содержания графической составляющей базы данных по тематическим слоям; выборку объектов на плане и получение параметрической справки об объекте инфраструктуры или объекте подвижного состава; формирование дискретных условных знаков и привязку к ним тематической информации; отображение тематической информации с использованием цветовой графики, позволяющее проводить сравнительный анализ количественных характеристик объектов, представленных на электронной карте [2, 3, 9].

ГИС БЧ помогает создать базовую структуру данных для совместного использования участниками перевозочного процесса, предоставляя общее поле ссылки на данные на основе их пространственного местоположения. Этим обеспечивается возможность привязать к местоположению (или к находящемуся в данном месте объекту) любую связанную с ним информацию, извлекать ее и организовать обмен этой информацией.

ГИС БЧ является базой для развития **информационно-аналитических и интеллектуальных систем управления** в сфере организации перевозочного процесса, реализации операций в логистических схемах доставки грузов с использованием железнодорожного транспорта, управления движением и маневровой работой на станциях и участках, мониторинга состояния инфраструктуры и ее эксплуатации, обеспечения безопасности движения и маневровой работы [5, 6].

Создание на железнодорожном транспорте единого координатного пространства и единой системы ведения геопространственных данных (электронных карт) на базе ГИС БЧ позволяет синхронизировать исполнительские процессы контроля состояния ОИ и ОПС с

прикладными задачами оперативного управления перевозочным процессом на основе информационно-аналитических моделей.

Для решения задач оперативного управления перевозочным процессом необходимо взаимодействие ГИС БЧ с навигационными спутниковыми системами GPS (ГЛОНАСС), которое позволяет определить с необходимой точностью дислокацию и параметры движения поездов, вагонов, грузов, иного подвижного состава, перемещения оперативных работников [3, 8].

Создание высокоточного навигационного поля на инфраструктуре Белорусской железной дороги с помощью систем GPS (ГЛОНАСС) позволяет обеспечить непрерывный мониторинг пространственных параметров железнодорожного пути и иных объектов инфраструктуры, контроль безопасности движения поездов и маневровой работы, принятие мер по предупреждению и устранению обнаруженных нарушений.

Приоритетной задачей внедрения навигационных спутниковых технологий на Белорусской железной дороге является создание интеллектуальных систем управления, позволяющих регулировать движение поездов на железнодорожных участках, перемещение вагонов на станциях на основе динамического контроля за состоянием ОИ и ОПС в реальном масштабе времени [12, 13].

Создание интеллектуальных систем управления поездной и маневровой работой позволяет перейти к новому уровню создания информационных систем моделирования и анализа перевозочного процесса для центров управления: перевозками (ЦУП), местной работой (ЦУМР), станциями (ЦУС), безопасностью, мониторинга состояния инфраструктуры. Комплексное использование в автоматизированных системах на железнодорожном транспорте ГИС и GNSS (глобальных навигационных спутниковых систем) обеспечивает достижение синергетического эффекта от ее использования при организации перевозочного процесса.

Основными направлениями использования ГИС и GNSS на железнодорожном транспорте являются [3, 6, 8, 11]:

1) системы:

- интервального регулирования движения поездов с применением спутниковой навигации и цифрового радиоканала;

- регулирования маневровых передвижений на станциях с применением спутниковой навигации и цифрового радиоканала;

- диагностики и мониторинга технического состояния объектов инфраструктуры и подвижного состава;

- безопасности движения поездов с использованием локомотивных устройств безопасности, спутниковых технологий и цифрового радиоканала;

2) технологии:

- оптимального управления подвижным составом в целях ресурсосбережения;

- оптимизации работы путевой ремонтной техники «в окнах» в увязке с управлением поездной работой;

- информационно-управляющих систем ЦУП, ЦУМР, ЦУС на основе объективной информации о движении подвижного состава, состоянии инфраструк-

туры, получаемой с помощью средств навигации, мониторинга и связи;

- спутникового контроля за перевозками опасных грузов с целью предупреждения рисков возникновения чрезвычайных ситуаций;

- спутникового мониторинга для предупреждения рисков неблагоприятных воздействий на железнодорожную инфраструктуру потенциально-опасных природно-техногенных процессов;

3) высокоточное координатное и планово-картографическое обеспечение на основе применения спутниковой навигации и высокоразрешающей съемки при проведении инженерно-геодезических изысканий при проектировании, строительстве и эксплуатации железной дороги.

При решении задач управления перевозочным процессом данные ГИС могут использоваться на основных этапах управления:

- мониторинг состояния ОИ и ОПС, местонахождения ОПС на ОИ;

- планирование перевозочного процесса (поездной, грузовой и маневровой работы) на ОИ, перемещения ОПС в железнодорожной сети (поездные и маневровые перемещения);

- оперативное адаптивное управление перевозочным процессом на ОИ и использования ОПС.

Процессно-объектная модель реализации перевозочного процесса на ОИ представлена на рисунке 1. На этапе мониторинга осуществляется контроль состояния каждого ОИ из совокупности объектов инфраструктуры  $U O_{оij}(\Pi)$  и их характеристик  $(\Pi)$ , влияющих на эксплуатацию ОИ и принятие управленческих решений при организации перевозочного процесса. Технические характеристики ОИ отражаются в локальных НПА (технических паспортах, технически-распорядительных актах, ведомостях и т.п.).

Оценка состояния ОИ при решении оперативных задач осуществляется по следующим свойствам:

- наличие технических возможностей для осуществления обслуживания транспортного потока, например:

$$P_{оij} = \begin{cases} l_{попj} \geq l_{пj} \\ k_{попj} \geq k_{гдпj} \\ k_{попj} \geq k_{пфj}, \\ \dots \\ N_{нj} \geq N_{пj} \end{cases} \quad (1)$$

где  $l_{попj}, l_{пj}$  – соответственно длина приемоотправочных путей на  $j$ -м ОИ, длина грузового поезда;  $k_{попj}, k_{гдпj}, k_{пфj}$  – соответственно наличное число станционных путей на  $j$ -м ОИ, число путей, необходимое для пропуска поездов в соответствии с графиком движения поездов, число путей, необходимых для накопления составов по назначениям плана формирования на  $j$ -м ОИ;  $N_{нj}, N_{пj}$  – соответственно наличная и потребная пропускные способности;

- свобода  $j$ -го ОИ в обслуживании транспортного потока на момент времени  $t_{н,i}$  – времени начала выполнения  $i$ -й операции обслуживания на  $j$ -м ОИ;

- оперативная готовность  $j$ -го ОИ к обслуживанию транспортного потока  $R_j(t_{к,i-1})$ , устанавливаемая на

момент завершения предшествующей ( $i - 1$ ) операции обслуживания ( $t_{к,i-1}$ ); надежность  $j$ -го ОИ может быть определена вероятностью безотказного обслуживания  $P_j(n_{обсл})$ .

Включение  $j$ -го ОИ в технологический цикл  $O_{оij}(t_{к,i-1})$  предусматривает установление технической зависимости (механической, электромеханической, программной и иной), связанной с проверкой и включением  $j$ -го ОИ в установленную техническим регламентом

эксплуатации и технологическим процессом схему обслуживания. Этап реализуется в период времени ( $t_{к,i-1}, t_{н,i}$ ) между окончанием выполнения предшествующей операции ( $t_{к,i-1}$ ) и временем начала последующей ( $t_{н,i}$ ).

В этом интервале необходимо выполнить технические операции диагностики, процедуры технической подготовки схемы обслуживания и соответствия ее техническим требованиям и безопасности.

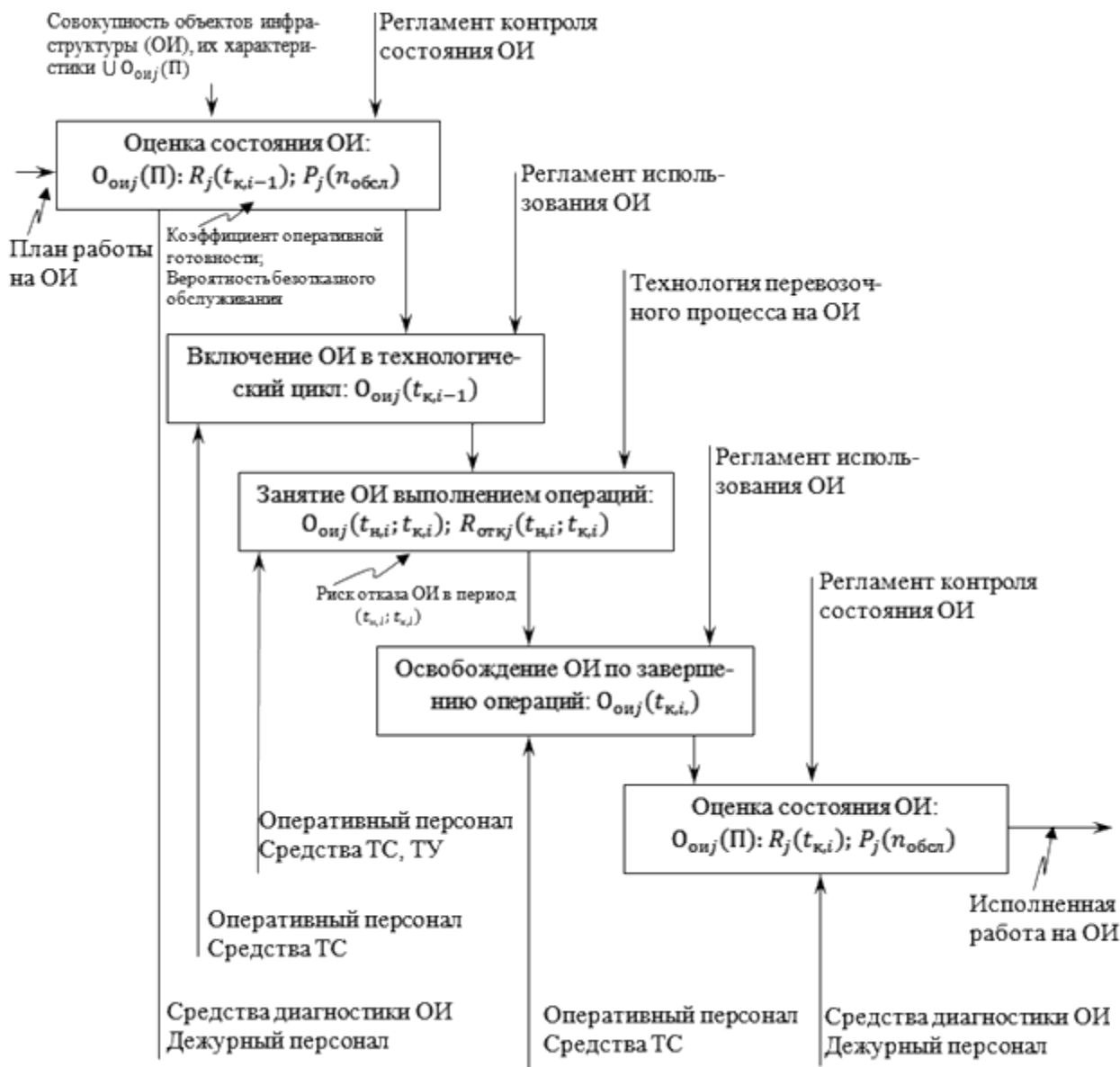


Рисунок 1 – Процессно-объектная модель реализации перевозочного процесса на объекте инфраструктуры (ОИ)

Занятие  $j$ -го ОИ выполнением  $i$ -й технологической операций  $O_{оij}(t_{н,i}; t_{к,i})$  осуществляется в диапазоне времени ( $t_{н,i}; t_{к,i}$ ) и связан с идентификацией перехода  $j$ -го ОИ от состояния свободности в обслуживании к состоянию занятости обслуживанием и от состояния занятости обслуживанием к состоянию свободности в обслуживании, т.е. требуются идентификация двух переходов по установленным координатам, характеризующим занятие (освобождение)  $j$ -го ОИ. В процессе занятия  $j$ -го ОИ выполнением  $i$ -й технологической опе-

рацией ( $t_{н,i}; t_{к,i}$ ) существует риск отказа ОИ  $R_{откj}(t_{н,i}; t_{к,i})$ , увеличивающий продолжительность занятия  $j$ -го ОИ на время восстановления ОИ.

Освобождение ОИ по завершению технологической операции  $O_{оij}(t_{к,i})$  предусматривает разрыв технической зависимости (механической, электромеханической, программной и иной), связанной с проверкой и исключением  $j$ -го ОИ установленным техническим регламентом эксплуатации и технологическим процессом из схемы обслуживания. Этап реализуется в период

времени  $(t_{k,i}, t_{n,i+1})$  между окончанием выполнения текущей операции  $(t_{k,i})$  и временем начала последующей  $(t_{n,i+1})$ . В этом интервале необходимо выполнить технические операции диагностики освобождения устройств ОИ, процедуры технической разрыва схемы обслуживания и соответствия ее техническим требованиям работоспособности и безопасности.

Оценка состояния ОИ осуществляется на возможность его дальнейшего использования по результатам текущего выполнения технологической операции на ОИ. Оценка включает проверку по вышеуказанным свойствам. При этом показатели оперативной готовности  $R_j(t_k)$  ОИ и вероятность безотказной работы  $P_j(n_{обсл})$  должны соответствовать установленному уровню:

$$\begin{aligned} R_j(t_{k,i-1}) &= R_{nj}(T) - \Delta R_{допj}(T); \\ R_j(t_k) &= R_{nj}(T) - \Delta R_{допj}(T); \\ P_j(n_{обсл}) &= P_{nj}(n_{обсл}) - \Delta P_{допj}(n_{обсл}), \end{aligned} \quad (2)$$

где  $R_{nj}(T)$  – нормативное значение коэффициента оперативной готовности ОИ, установленное НПА;  $\Delta R_{допj}(T)$  – допустимое отклонение от установленного НПА нормативного значения коэффициента оперативной готовности ОИ;  $P_{nj}(n_{обсл})$  – нормативное значение вероятности безотказной работы ОИ, установленное НПА;  $\Delta P_{допj}(n_{обсл})$  – допустимое отклонение от установленного НПА нормативного значения вероятности безотказной работы ОИ.

Эксплуатация ОИ при выполнении технологической операции осуществляется на основании следующих процедур:

- регламента контроля технического состояния ОИ;
- регламента использования ОИ при выполнении технологической операции;
- технологии перевозочного процесса на ОИ путем реализации операций обслуживания.

Оценка состояния ОИ на разных этапах его использования при обслуживании транспортного потока осуществляется:

- оперативным персоналом, реализующим управленческие и исполнительские функции по организации перевозочного процесса на станциях и железнодорожных участках;
- дежурным персоналом, выполняющим функции технического обслуживания ОИ;
- средствами телесигнализации (ТС) и телеуправления (ТУ), используемых при управлении технологическими операциями на ОИ;
- средствами диагностики технического состояния ОИ.

Процессно-объектная модель реализации перевозочного процесса при перемещении объектов подвижного состава на объектах инфраструктуры представлена на рисунке 2.

На этапе мониторинга осуществляется контроль дислокации каждого ОПС из совокупности объектов подвижного состава  $\cup O_{опсz}(\Pi)$  и их характеристик  $(\Pi)$ , влияющих на использование ОПС и принятие управленческих решений при организации перевозочного процесса. Технические характеристики ОПС отражаются в НСИ и отраслевых НПА, документах на каждый тип подвижного состава. Эксплуатационные характери-

стики отражают возможности использования подвижного состава для решения задач перевозочного процесса. Коммерческие характеристики отражают права на использование подвижного состава в грузовой и поездной работе на железной дороге и клиентами.

Для планирования перемещения ОПС на инфраструктуре различного уровня агрегации требуется определение в реальном масштабе времени дислокации ОПС на ОИ:  $O_{опсz}(\Pi): \{(t_{k,i-1}); O_{оij}; S_{ои1}\}$ , в результате которого идентифицируется выполнение последней технологической операции с ОПС  $(t_{k,i-1})$ , объект размещения  $(O_{оij})$  и точка привязки на карте, определяющая координату начала перемещения ОПС на ОИ или в железнодорожной сети  $(S_{ои1})$ .

Оценка готовности к выполнению технологических операций определяется по техническому состоянию ОПС, которое может быть выражено двумя состояниями:

$$P_{опсz}(t_{k,i-1}; O_{оij}) = \begin{cases} 1, & \text{готов} \\ 0, & \text{не готов} \end{cases} \quad (3)$$

Надежность ОПС к началу операции  $P_{опсz}(t_{k,i-1}; O_{оij})$  характеризуется двумя состояниями: работоспособное – обеспечивается беспрепятственное безопасное передвижение ОПС на инфраструктуре; неработоспособное – имеются ограничения на перемещение ОПС по техническому состоянию.

Выполняется контроль завершения предшествующей операции с ОПС: дальнейшее перемещение возможно лишь после завершения предшествующей операции  $T_{опсz}(t_{n,i-1}; t_{k,i-1})$ .

Возможны и иные условия определения возможности перемещения, например коммерческие (возможность использования вагонов под погрузку груза и т.п.).

Формирование маршрута перемещения ОПС на инфраструктуре предусматривает поординатную идентификацию маршрута на карте (схеме) инфраструктуры от точки 1 до точки  $n$ :  $O_{опсz}(S): \{(S_{ои1}); (S_{ои2}); \dots; (S_{оин})\}$ . При формировании маршрута производится оценка свободности всех объектов инфраструктуры или его элементов.

Правильность формирования маршрута определяется путем оценки соответствия выполнения схем перемещения, установленных в технологических процессах железнодорожных станций, планом формирования и графиком движения поездов и других регламентах, устанавливающих направление перемещение и порядок использования путевого развития железных дорог [12].

Выполнение  $i$ -й технологической операции перемещения осуществляется в диапазоне времени  $(t_{n,i}; t_{k,i})$  и связан с идентификацией перехода  $z$ -го ОПС на маршруте следования от точки 1 до точки  $n$ , определенных по карте (схеме) инфраструктуры:  $\{O_{опсz}(S_{ои1}); O_{опсz}(S_{ои2}); \dots; O_{опсz}(S_{оин})\}$ . Проследование ОПС по каждому ОИ определяется по переходам от состояния свободности в перемещении (обслуживании) к состоянию занятости перемещением (обслуживанием) и от состояния занятости перемещением (обслуживанием) к состоянию свободности в перемещении (обслуживании), т.е. требуются идентификация двух переходов по установленным координатам, характеризующим занятие (освобождение)  $j$ -го ОИ обслуживанием в перемещении ОПС.

В процессе выполнения  $i$ -й технологической операцией  $(t_{n,i}; t_{k,i})$  перемещения  $z$ -го ОПС на маршруте следования от точки 1 до точки  $n$  существует риск сбоя в перемещении ОПС  $R_{опсз}(t_{n,i}; t_{k,i})$ , связанный с увеличением продолжительности занятия  $j$ -го ОИ, превышающий нормативное значение:

$$T_{перз}(t_{n,i}; t_{k,i}) = \sum T_{перзj} = T_{зои1} + \dots + T_{зоин} \geq T_{nj}(S) + \Delta T_{допj}(S), \quad (4)$$

где  $T_{перзj}$  – продолжительность перемещения (обслуживания)  $z$ -го ОПС на  $j$ -м ОИ  $(T_{зои1}, \dots, T_{зоин})$ ;  $T_{nj}(S)$  – технологическая норма затрат времени на перемещение (обслуживание)  $z$ -го ОПС на маршруте  $S \{(S_{ои1}); (S_{ои2}); \dots; (S_{оин})\}$ ;  $\Delta T_{допj}(S)$  – допустимые затраты времени на перемещение (обслуживание) на маршруте  $S$ , установленное локальными ТНПА.

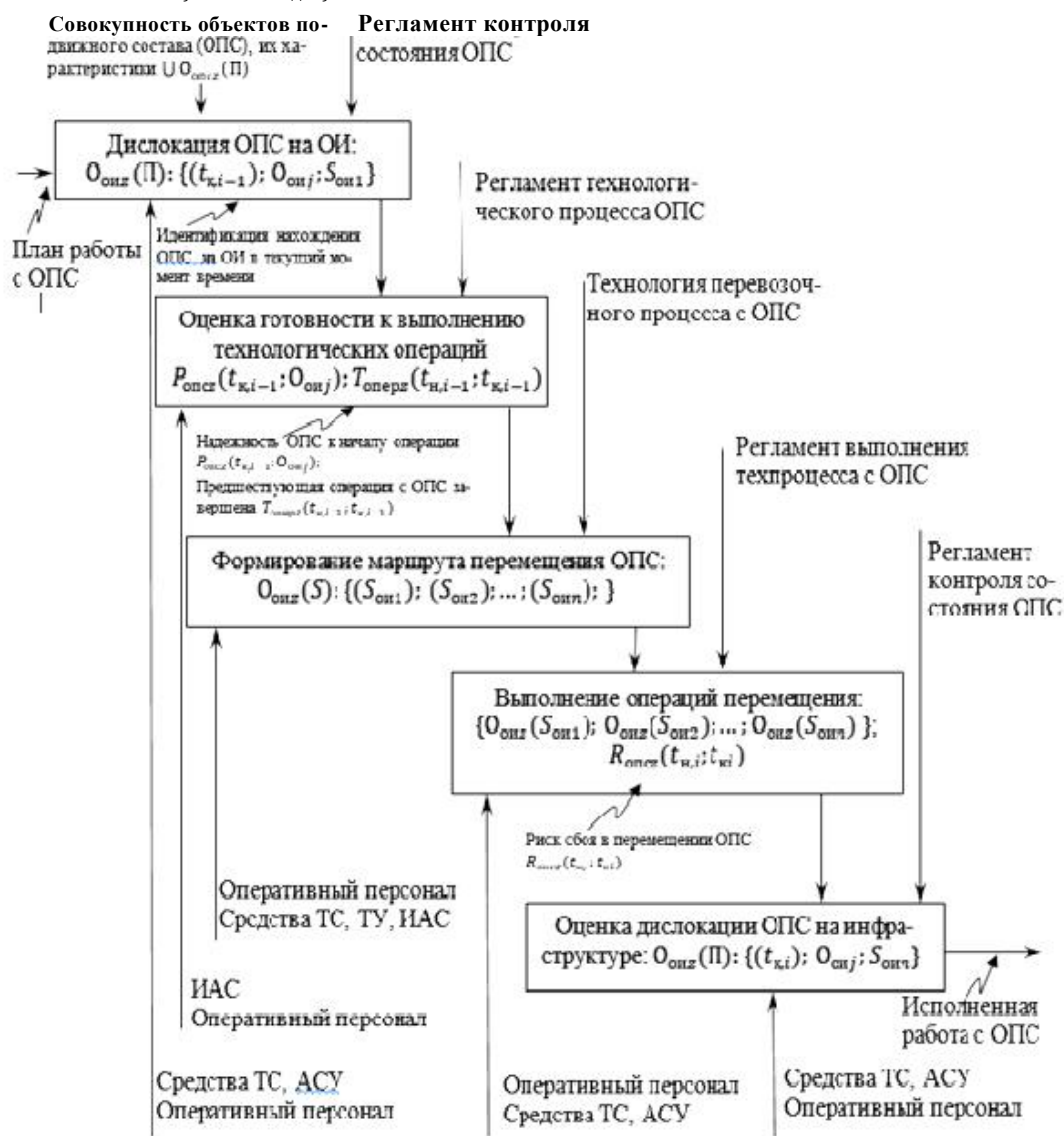


Рисунок 2 – Процессно-объектная модель реализации перевозочного процесса с объектами подвижного состава (ОПС) на объектах инфраструктуры (ОИ)

Оценка выполнения технологической операции перемещения  $z$ -го ОПС определяется дислокацией ОПС на инфраструктуре:  $O_{опсz}(П): \{(t_{k,i}); O_{опсj}; S_{опсn}\}$ , идентифицирующей достижение конечной точки перемещения (обслуживания) на маршруте  $S_{опсn}$  в интервале времени  $T_{перз}(t_{n,i}; t_{k,i})$ .

В результате выполнения  $i$ -й технологической операции перемещения должна быть обеспечена надежность ОПС  $P_{опсz}(t_{k,i}; O_{опсn})$ , которая характеризуется двумя состояниями: работоспособное – обеспечивается дальнейшее беспрепятственное безопасное передвижение ОПС на инфраструктуре; неработоспособное –

имеются ограничения на дальнейшее перемещение ОПС по техническому состоянию по условию (3).

По завершении  $i$ -й технологической операции перемещения ОПС выполняется контроль: дальнейшее перемещение возможно лишь после завершения операции  $T_{опсз}(t_{n,i}; t_{k,i})$ .

Возможны и иные условия определения завершения перемещения (обслуживания).

Эксплуатация ОИ при выполнении технологической операции осуществляется на основании следующих процедур:

- регламента контроля технического состояния ОПС;

- регламента дислокации ОПС на ОИ;
- технологических процессов выполнения грузовых и коммерческих операций с ОПС;
- регламента контроля выполнения технологических операций с ОПС;
- регламента технического обслуживания ОПС;
- технологии процесса перемещения (обслуживания) ОПС на ОИ, установленной в ТНПА железнодорожного транспорта общего и необщего пользования.

Оценка состояния ОИ на разных этапах его использования при обслуживании транспортного потока осуществляется:

- оперативным персоналом перевозчика, оператором инфраструктуры, клиентами, собственниками вагонов, реализующим управленческие и исполнительские функции по организации перевозочного процесса на станциях и железнодорожных участках;
- техническим персоналом, выполняющим функции технического обслуживания ОПС;
- средствами телесигнализации (ТС) и телеуправления (ТУ), используемыми при управлении технологическими операциями на ОИ;
- средствами диагностики технического состояния ОПС;
- информационно-аналитическими системами (ИАС);
- автоматизированными системами управления при организации поездной, грузовой и маневровой работы.

**Вывод.** Применение проблемно-ориентированной ГИС БЧ позволяет решать многие задачи оперативного управления перевозочным процессом на основе точного позиционирования объектов инфраструктуры в железнодорожной сети и контроле перемещения подвижного состава в реальном масштабе времени.

Проблемно-ориентированная ГИС на железной дороге формируется на основе объектно-ориентированного и процессно-ориентированного подходов, которые позволяют идентифицировать состояние каждого из множества объектов инфраструктуры и подвижного состава и определять их характеристики и параметры на любом этапе оперативного управления: мониторинга, планирования и регулирования.

Информационно-аналитические модели оперативного управления, построенные на основе ГИС-технологий обеспечивают новый уровень принятия решения для работников ЦУП, ЦУМР, железнодорожных станций за счет высокоточной оценки состояния объектов инфраструктуры и подвижного состава.

Получено 23.07.2018

**A. A. Erofeev, V. G. Kuznetsov, V. G. Kozlov, G. V. Glevitsky.** The use object-oriented GIS for solving problems operational management of the transportation process the Belarusian railway.

Information and analytical models operational management the transportation process are the basis for management decisions by dispatching personnel and railway technologists. To improve the quality of models in operational activities, it is necessary to develop a database management objects based on the use geographic information systems (GIS) and the necessary GIS technologies. The GIS of the Belarusian railway is subject-oriented and is formed on the basis two approaches of object-oriented and process-oriented, which reflects the network nature the transport infrastructure and the dynamic nature of the movement vehicles. The solution problems operational management of transportation process is realized on the basis interaction GIS with navigation systems that provides definition with necessary accuracy dislocation and parameters movement trains, cars, loads, other rolling stock, movement of operational workers. Process-object models implementation of transportation process on the object infrastructure and management movement of vehicles on infrastructure objects defining requirements and conditions use GIS-technologies at the decision tasks of transportation process are presented.

## Список литературы

- 1 **Ананьев, Ю. С.** Геоинформационные системы : учеб. пособие / Ю. С. Ананьев. – Томск : Изд. ТПУ, 2003. – 70 с.
- 2 Особенности инновационной технологии модернизации пути / А. А. Борецкий [и др.] // Железнодорожный транспорт. – 2015. – № 11. – С. 33–35.
- 3 ВНИИАС. Управление и контроль транспортных средств различного назначения с применением спутниковых навигационных систем, систем цифровой связи и дистанционного зондирования. – Режим доступа : <http://www.vniias.ru/control-and-supervision-of-various-vehicles>. – Дата доступа : 17.05.2018.
- 4 Государственная программа развития транспортного комплекса Респ. Беларусь на 2016–2020 годы : [утв. постановлением Совета Министров Респ. Беларусь от 28 апреля 2016 г. № 345] // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь, 07.05.2016, 5/42042.
- 5 **Ерофеев, А. А.** Семиотическая модель перевозочного процесса и ее использование при проектировании интеллектуальных систем / А. А. Ерофеев // Интеллектуальные системы управления на железнодорожном транспорте. Компьютерное и математическое моделирование (ИСУЖТ-2017) : тр. Шестой науч.-техн. конф. – М. : ОАО «НИИАС», 2017. – С. 24–26.
- 6 **Erofeev, A. A.** Railway traffic management system with the intellectual control / А. А. Erofeev // Открытые семантические технологии проектирования интеллектуальных систем : материалы междунар. науч.-техн. конф. / редкол. : В. В. Голенков [и др.]. – Минск : БГУИР, 2018. – С. 321–324.
- 7 **Репин, В. В.** Процессный подход к управлению. Моделирование бизнес-процессов / В. В. Репин, В. Г. Елиферов. – М., 2013. – 544 с.
- 8 **Ротенберг, И. Н.** Интегрированная система управления железной дорогой с применением спутниковых технологий / И. Н. Ротенберг, О. В. Тони, В. Я. Цветков // Транспорт Российской Федерации. – 2010. – № 6. – С. 54–57.
- 9 **Сафроненко, А. А.** Разработка онтологии инфраструктуры железных дорог как основы эффективной информатизации подразделений / А. А. Сафроненко // Вестник Белорусского государственного университета транспорта: Наука и транспорт. – 2013. – № 1 (26). – С. 59–62.
- 10 Стратегия инновационного развития транспортного комплекса Республики Беларусь до 2030 года : [утв. приказом М-ва трансп. и коммуникаций Респ. Беларусь от 25 февраля 2015 г. № 57-Ц].
- 11 Цифровая повестка Евразийского экономического союза до 2025 года. – Режим доступа : <http://docs.cntd.ru/document/555625953>. – Дата доступа : 17.05.2018.
- 12 **Федоров, Е. А.** Методологические основы реализации планов формирования перевозчиков в графике движения поездов на полигоне инфраструктуры / Е. А. Федоров // Вестник ВНИИЖТ. – 2018. – № 2. – С. 92–97.
- 13 **Ерофеев, А. А.** Методологические основы реализации планов формирования перевозчиков в графике движения поездов на полигоне инфраструктуры / А. А. Ерофеев, П. М. Дулуб, О. А. Терещенко // Железнодорожный транспорт. – 2018. – № 7. – С. 50–52.