

## ОБЩИЙ ПОДХОД К СТРУКТУРНОМУ СИНТЕЗУ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ СТАНЦИЙ

Одним з напрямків поліпшення процесу проектування залізничних станцій є реалізація низхідного принципу проектування: від структурної схеми до конкретного проектного рішення. У статті викладено загальний підхід до першого ступеню проектування при такому підході – структурного синтезу.

Одним из направлений совершенствования процесса проектирования железнодорожных станций является реализация нисходящего принципа проектирования: от структурной схемы к конкретному проектному решению. В статье изложен общий подход к первой стадии проектирования при таком подходе – структурному синтезу.

One of directions of improving the design process of railway stations is to realize a descending principle of design: from a block diagramme to a final design solution. In this article the general approach to a structural synthesis – the first design stage with such a principle of design – is given.

### Введение

В современных условиях научно-технического прогресса в инженерной практике происходит постоянное возрастание сложности эксплуатируемых технических систем. Это определяет проектирование таких систем как очень трудоемкую задачу. Поэтому проектирование сложных технических систем осуществляется большими коллективами, часто объединяя усилия нескольких проектных институтов. При этом неизбежно разделение сложной системы на множество самостоятельных подсистем, выполняющих законченные технологические циклы, проектирование которых может вестись относительно самостоятельно. Зачастую сложные системы имеют иерархическую структуру, на каждом уровне которой проектируются подсистемы различной сложности. Это делает невозможным процесс проектирования без применения системного подхода к технической системе.

С одной стороны, системный подход в проектировании приводит к типизации подсистем, делает возможным унификацию проектных решений, снижая трудоемкость проектирования и практической реализации систем. Однако, с другой стороны, изолированное проектирование подсистем может привести к:

- недоучету особенностей функционирования системы в целом, когда отличные проектные решения отдельных подсистем не гарантируют высокого качества проектного решения всей системы;
- перерасходу материальных ресурсов, когда резервирование параметров каждой подсистемы приводит к значительному удорожанию всей системы в целом.

темы приводит к значительному удорожанию всей системы в целом.

Во избежание указанных недостатков, на начальной стадии проектирования следует осуществлять структурный синтез, в ходе которого определяется структура будущей сложной технической системы: множество составляющих ее подсистем и множество существенных связей между ними. Такой подход гарантирует согласованность всех подсистем между собой, более экономичное (по сравнению с традиционным «блочным» подходом) проектное решение системы.

Одним из примеров сложной технической системы, проектированию элементов которой должен предшествовать структурный синтез, является железнодорожная сеть.

### Структура железнодорожной сети

К сложной технической системе относится полигон железной дороги, предназначенный для осуществления перевозочного процесса. Согласно [1], «Железнодорожный перевозочный процесс – совокупность технологических процессов и операций, направленных на изменение местоположения пассажиров или (и) грузов путем их перемещения по железным дорогам». Выполнение в ходе перевозочного процесса большого количества технологических процессов и операций обуславливает сложный состав железнодорожной сети, имеющей иерархическую структуру. В ходе структурного анализа железнодорожной сети определены верхние уровни иерархии подсистем железнодорожной сети, представленные на рис. 1.

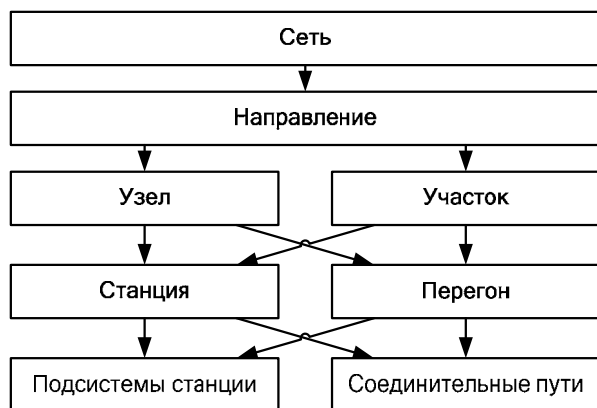


Рис. 1. Верхние уровни иерархии подсистем железнодорожной сети

Всю железнодорожную сеть (см. рис. 1) можно разделить на железнодорожные направления – коммуникации железнодорожного транспорта, связывающие территориально отдаленные пункты. Они состоят из железнодорожных узлов и железнодорожных участков, в которых выполняется железнодорожный перевозочный процесс. Их отличием является то, что узел предназначен для осуществления железнодорожного перевозочного процесса в местах пересечения железнодорожных направлений, участок – на протяжении направления.

Как узел, так и участок состоят из станций и перегонов. Железнодорожная станция предназначена для осуществления технологических операций с поездами и другими транспортными средствами, а также выполнения операций по приему и выдаче грузов и багажа и обслуживанию пассажиров. Перегоны предназначены для продвижения поездов в пространстве.

В теории проектирования транспортных объектов проектирование трассы железнодорожной линии (перегон → участок → направление) является достаточно формализованной задачей. В настоящее время разработан ряд программных продуктов, предназначенных для автоматизации проектирования трассы железнодорожной линии: плана, продольного и поперечных профилей.

Завершение верхних уровней иерархии (см. рис. 1) подсистемами железнодорожной станции и соединительными путями связано с тем, что станции являются самыми сложными объектами железнодорожной сети. На них выполняется большинство технологических процессов и операций железнодорожного перевозочного процесса, объединяются все разрозненные отраслевые хозяйства. Это обуславливает большую размерность множества технологических процессов и сопряженного с ними множе-

ства подсистем, участвующих в синтезе технологического процесса, путевого развития и технического оснащения железнодорожной станции.

Рассмотрение железнодорожной сети в качестве иерархичной сложной технической системы позволяет выявить подобие ее элементов на каждом из уровней иерархии, о чем будет сказано ниже.

### Структурный синтез железнодорожной станции

В настоящее время в практике проектирования железнодорожных станций используется восходящий принцип проектирования, при котором происходит постепенное наращивание сложности путевого развития: от главных путей до общей схемы станции. При этом задача проектирования имеет значительную размерность, обусловленную большим числом участвующих в проектировании элементов путевого развития и технического оснащения: путей, стрелочных переводов, посадочных платформ и прочее. При таком подходе качество проектного решения напрямую зависит от опыта проектировщика.

Дальнейшее совершенствование теории проектирования возможно путем реализации нисходящего принципа проектирования: от структурной схемы станции к ее проектной реализации. При таком подходе процесс проектирования состоит из трех основных стадий: структурного синтеза, параметрического синтеза и синтеза конструкции.

В результате решения задачи структурного синтеза должно быть получено описание состава станции и всех существенных связей между ее подсистемами. Является весьма сложной задачей проектирования, что связано с отсутствием постановки и очень низкой степени формализованности задачи структурного синтеза.

Параметрический синтез заключается в определении значений параметров подсистем станции при заданной структуре и условиях работоспособности. Параметрический синтез менее трудоемок, чем структурный синтез, так как является самой старой задачей науки о проектировании железнодорожных станций и достаточно хорошо формализован в трудах ученых-проектировщиков.

Синтез конструкции связан с проектированием геометрического облика подсистем и горловин станции. В настоящее время решена задача синтеза конструкции горловин проектируемых станций в интерактивном режиме: в

режиме непрерывного диалога «проектировщик»–«САПР». Согласно опыту автоматизации проектирования в машиностроительной отрасли, задача синтеза конструкции является достаточно сложной для формализации, что обуславливает необходимость интерактивного проектирования конструкции, что, однако, не является препятствием для автоматизации укрупненных шагов синтеза конструкции.

Таким образом, реализация нисходящего принципа проектирования позволит автоматизировать процесс проектирования железнодорожных станций. И, как было отмечено выше, реализация такого принципа возможна при рассмотрении станций в виде сложной технической системы. Применение к железнодорожной станции теории общих систем дает возможность представить станцию в виде структурного графа, пример которого приведен на рис. 2.

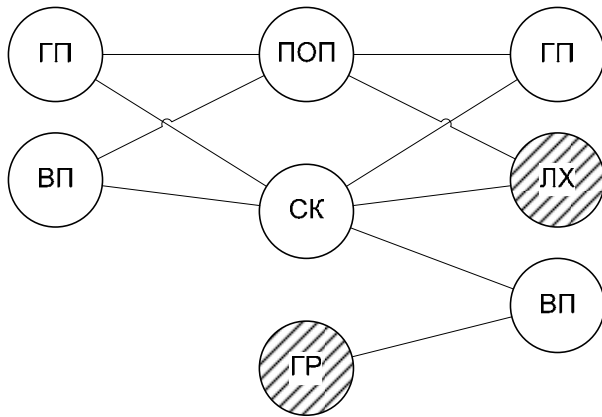


Рис. 2. Пример структурной схемы станции  
 ГП – главные пути, ПОП – приемо-отправочный парк,  
 СК – сортировочный комплекс, ЛХ – локомотивное хозяйство, ГР – грузовой район

Вершинами структурного графа являются множество станционных подсистем, в каждой из которых происходит преобразование и (или) определение состояния поездо- либо вагонопотока. Критерием выделения станционной подсистемы является завершенность технологических операций, выполняемых в ней. Для реализации функциональности станции в целом подсистемы связываются между собой множеством станционных соединительных путей. Синтезированная из отдельных подсистем железнодорожная станция обладает функциональностью большей, чем суммарная функциональность подсистем, ее составляющих.

Легко заметить, что задача структурного синтеза имеет значительно меньшую размерность, чем проектирование всей станции сразу, за счет оперирования не единичными элементами путевого развития, а целыми блоками. Это

позволит синтезировать множество вариантных структурных схем, обеспечивающих проектную функциональность, и произвести их оценку. То есть структурная схема станции, принимаемая к дальнейшим стадиям проектирования, может быть обоснована, что позволит сократить затраты на проект и его практическую реализацию.

Автоматизация проектирования железнодорожных станций в настоящее время не реализована. Это связано с низким уровнем формализации правил и норм проектирования, которые обобщают полуторавековой опыт проектирования железнодорожных станций. Анализ существующих правил и норм проектирования указывает на «блочный» подход к проектированию, обусловленный типизацией схем станций различного типа: промежуточных, участковых, сортировочных, грузовых и специальных. Правилами проектирования предлагается ряд типовых схем станций, которых следует придерживаться при проектировании. В условиях, когда применение предлагаемых нормами проектирования типовых схем затруднено или вообще невозможно, право на выбор структуры станции остается за проектировщиками, которые должны руководствоваться собственным пониманием технологии функционирования станции. Для таких случаев в правилах имеется большое число нечетких формулировок их применения. Именно их наличие затрудняет автоматизировать проектирование станций.

Предлагается вместо использования типовых схем станций проводить процедуру структурного синтеза. Выполнение рассматриваемой процедуры основано на той предпосылке, что станция является системой, существует в единстве состава и структуры.

Состав станции определяется множеством станционных подсистем, в которых осуществляются станционные технологические процессы. «Технологический процесс – это часть производственного процесса, содержащая целенаправленные действия по изменению и (или) определению состояния предмета труда» [2].

Подсистемы связываются в структуру множеством соединительных путей, предназначенных для осуществления маневровых передвижений между ними. В узком смысле слова на соединительных путях реализуются полурейсы.

Стоит отметить, что приведенное представление структуры станции изоморфно по отношению к более высоким уровням иерархии подсистем железнодорожной сети (см. рис. 1). Так, состав узла или участка представляется

множеством станций, объединяемых в структуру множеством перегонов. Состав сети включает множество железнодорожных узлов, связанных в структуру участками.

Для реализации структурного синтеза следует критически пересмотреть правила и нормы проектирования станций и произвести их декомпозицию для формализации процесса структурного синтеза.

Реализация структурного синтеза железнодорожных станций может послужить основой для формулировки единых рекомендаций по определению структуры всех типов станций. При этом нормы проектирования будут касаться лишь проектирования путевого развития и технического оснащения конкретных подсистем. На основании структурного синтеза представляется возможным не только проектировать новые станции, но и анализировать путевое развитие и осуществлять репроектирование существующих станций.

### **Возможность экономической оценки синтезированных структурных схем станции**

Большие вычислительные возможности современных компьютеров позволяют синтезировать и сравнивать множество возможных структурных схем, реализующих требуемую функциональность станции. При этом синтезируемые структурные схемы не будут иметь недостатков, свойственных традиционному проектированию.

Таким образом, необходимость структурного синтеза обусловлена возможностью проектирования квазиоптимальных схем станций за счет сравнения множества возможных схемных решений, каждое из которых не обременено субъективным опытом проектировщика. При этом все структурные схемы станции должны быть технически, технологически и экономически обоснованными.

Техническая обоснованность заключается в возможности строительства железнодорожной станции с использованием серийно выпускаемых стрелочных переводов различных типов, глухих пересечений и прочих элементов путевого развития.

Технологическая обоснованность подразумевает возможность переработки на синтезированной структурной схеме станции поездо- и вагонопотоков, объем и структура которых задана техническим заданием на проектирование. Методика проведения структурного синтеза предполагает построение структурных схем в

полном соответствии с требуемой функциональностью.

Однако одной и той же функциональности станции может соответствовать множество технически и технологически обоснованных схемных решений. При выборе одной из вариантов структурных схем станции, подлежащих проектной реализации, необходимо проверить их экономическую обоснованность. Под экономической обоснованностью предлагается использовать критерий *минимума затрат ресурсов на эксплуатацию станции*.

При структурном синтезе возможно рассматривать лишь планируемые затраты, которые не могут быть оценены достоверно. Это связано с тем, что структурная схема – это всего лишь прообраз будущей станции. Однако экономическая оценка структурных схем может указывать на соотношение стоимости эксплуатации соответствующих им станций. Это позволит выделить область эффективных схемных решений, что значительно сократит количество рассматриваемых при проектировании вариантов. То есть, выбранный критерий может быть использован в качестве эвристики, сокращающей число вариантов схем станций, принимаемых как рабочие к последующим стадиям проектирования.

Провести экономическую оценку структуры железнодорожной станции возможно благодаря тому, что синтезируемые структуры однозначно увязаны с величиной и структурой поездо- и вагонопотока. При этом они будут иметь резерв пропускной способности, и для сравнения вариантов между собой необходимо привести их к условиям полной загрузки. Для этого величина критерия экономической оптимальности делится на коэффициент загрузки синтезированной структуры. Необходимость такой операции обусловлена тем фактом, что как нагрузка, так и пропускная способность железнодорожной станции являются величинами дискретными. Поэтому близкие по пропускной способности схемы могут иметь весомые различия величины экономического критерия. И при недоучете резерва пропускной способности из рассмотрения могут выпасть экономичные схемы, имеющие при заданной структуре поездо- либо вагонопотока большую, чем требуемая, пропускную способность.

### **Выводы**

Для дальнейшего совершенствования процесса проектирования железнодорожных станций необходима практическая реализация

структурного синтеза. На основе структурного синтеза можно не только проектировать новые станции, но и осуществлять анализ путевого развития и репроектирование существующих. Реализация структурного синтеза послужит основой сквозной автоматизации станционного проектирования.

По результатам структурного синтеза возможно экономически оценить синтезированные структурные схемы. Экономическая оценка позволит сократить число рассматриваемых вариантов станции и принять к проектированию не только технически и технологически, но и экономически обоснованную схему станции. Перспективами исследований в данной области является разработка единой методики бюджетирования работы железнодорожных станций различной сложности, которая должна явиться основой для планового научно-обоснованного финансирования станции, учитывающего колебания величины и структуры нагрузки на станцию.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Лисенков В. М. Статистическая теория безопасности движения поездов: Учеб. для вузов. – М.: ВИНТИ РАН, 1999. – 332 с.
2. ГОСТ 3.1109. Единая система технологической документации. Термины и определения основных понятий.
3. Правила и технические нормы проектирования станций и узлов на железных дорогах колеи 1520 мм. – М.: МПС РФ, 2001.
4. Большая энциклопедия транспорта: в 8 т. / Н. С. Конарев [и др.]; Под общ. ред. Н. С. Конарева. – Т. 4: Железнодорожный транспорт. – М.: Большая Российская энциклопедия, 2003. – 1039 с.
5. Правдин Н. В. Железнодорожные станции и узлы. – М.: Транспорт, 2003.
6. Божко А. Н. Структурный синтез на элементах с ограниченной сочетаемостью / А. Н. Божко, А. Ч. Толпаров. – М., 2000.

Поступила в редколлегию 22.05.2008.