

личных категорий достигает более высоких значений, чем на направлениях с малоинтенсивным движением. Потенциальный экономический эффект от использования методики проверки целесообразности также является более высоким на участках с высокой интенсивностью движения.

Несмотря на то, что проведенный анализ показал, что на большинстве исследованных участков при изменении размеров движения грузовых поездов колебания экономии времени, достигаемой при следовании локомотивов и вагонов в сквозных поездах, являются незначительными, для повышения достоверности расчетов целесообразным является определение данного параметра для рассматриваемых участков с периодичностью не реже одного раза в год.

В связи со значительной трудоемкостью соответствующих расчетов создание специализированного программного обеспечения, предназначенного для проверки целесообразности выделения отдельных маломощных струй вагонопотока в самостоятельные назначения, является актуальным направлением оптимизации процесса разработки плана формирования грузовых поездов.

#### Список литературы

1 **Негрей, В. Я.** Особенности расчета плана формирования однопутных поездов в рыночных условиях / В. Я. Негрей, К. М. Шкурин // Вестник ВНИИЖТ. – 2018. – Т. 77, № 3. – С. 133–140.

2 **Левин, Д. Ю.** Организация вагонопотоков в рыночных условиях / Д. Ю. Левин // Мир транспорта. – 2017. – № 4 (71). – С. 178–192.

3 **Кекиш, Н. А.** Адаптивная система планирования железнодорожных перевозок для разветвленных полигонов с преобладанием маломощных вагонопотоков / Н. А. Кекиш // Вестник РГУПС. – 2020. – № 1. – С. 103–110.

УДК 658.5

## СИСТЕМНО-ИНЖЕНЕРНЫЙ ПОДХОД В ТРАНСПОРТНОЙ ОТРАСЛИ

*А. Э. ЮНИЦКИЙ, А. Ю. КАХАНОВИЧ*

*Закрытое акционерное общество «Струнные технологии», г. Минск,  
Республика Беларусь*

По результатам исследования National Aeronautics and Space Administration (NASA), наибольшую долю в общей стоимости выполненных ими проектов занимают финальные стадии [1], в то время как при идеальном ходе реализации проекта распределение затрат должно выглядеть обратным образом. Причина кроется в расходах на исправление ошибок и внесение изменений, стоимость которых по ходу жизненного цикла возрастает многократно (рисунок 1).

Согласно [1], около 80 % ошибок закладывается ещё при формировании требований. Как следствие, особое внимание необходимо уделять самым первым этапам, на которых анализируется миссия проекта и определяется общая концепция реализации. В то же время ряд проблем возникает из-за неэффективно налаженного хранения и обмена информацией: каждый исполнитель должен чётко знать свою задачу, получать и передавать нужные данные вовремя.

Для преодоления описанных сложностей последние десятилетия активно развивается системная инженерия (далее – СИ) – междисциплинарный подход для создания систем. СИ сочетает в себе практики технического менеджмента, управления информацией и непосредственно проектирования систем. Ознакомиться с ними главным образом можно из материалов, издаваемых Международным Советом по Системной Инженерии (INCOSE), а также из обновляемого перечня международных и национальных стандартов по этому направлению.

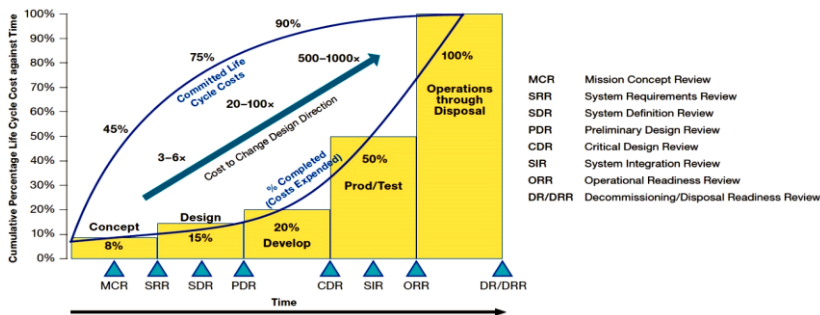


Рисунок 1 – Аккумуляция затрат в процессе реализации проекта

Развитие, значимость и эффективность СИ подтверждается также тем, что в зарубежных университетах, в том числе транспортных, она выделена в отдельную дисциплину; например, в некоторых российских вузах (МФТИ, УрФУ и др.) проводится обучение по данному предмету и осуществляется выпуск системных инженеров на уровне магистратуры. В то же время в Беларуси СИ не представлена в университетах, а читается лишь в единичных случаях в рамках частных курсов повышения квалификации [2].

Первое, что предполагает СИ – рассмотрение окружающего мира как системы систем. Под системой понимается комбинация взаимодействующих элементов, организованных для достижения одной или нескольких поставленных целей [3]. Каждая система имеет свою границу и интерфейсы (входы/выходы) для контакта с другими; любая система состоит из подсистем, подчинённых ровно тем же принципам. Такой взгляд позволя-

ет учитывать внешние факторы, чётко формулировать и адресовать требования, разграничивать зоны ответственности и налаживать коммуникацию между разработчиками. Согласно подходу СИ, разделение на системы выполняется не по месту размещения, набору оборудования или принципу работы (что чаще всего практикуется в классическом конструировании), а по выполняемым функциям. Это освобождает от привязки к конкретной реализации и позволяет решить ту же задачу совершенно другим путём, что особенно актуально при оказании транспортных услуг.

Формулирование функций открывает массу возможностей по их анализу, выявлению рисков и повышению качества технических требований, которое прямо отражается на количестве «переделок» и общем успехе проекта. Без функционального моделирования сложно обойтись при автоматизации системы и анализе безопасности. СИ также обращает внимание, что системы непрерывно движутся по своему жизненному циклу (далее – ЖЦ) от стадии задумки до прекращения существования. По мере протекания ЖЦ меняется не только окружение, но и состав, функционал, характеристики самой системы. Непосредственно для целей проектирования интересен подход RFLP (Requirement, Functional, Logical, Physical), определяющий принципиальные этапы создания систем и их связь с последующими стадиями ЖЦ (рисунок 2).

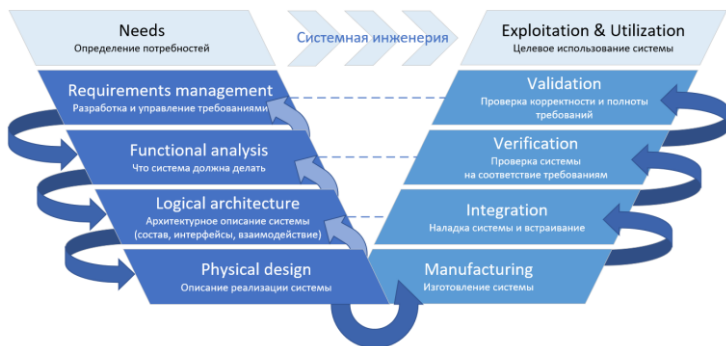


Рисунок 2 – V-модель жизненного цикла системы

Ключевую и важнейшую роль в СИ, особенно в транспортной области, выполняет инженерно-технический персонал. Ещё на этапе проектирования важно, чтобы область интересов инженера распространялась на весь ЖЦ системы, а не на её отдельные этапы. Инженер должен учитывать особенности эксплуатации разрабатываемого продукта на всех его стадиях: учесть, кто, как, когда и в каких условиях будет взаимодействовать с созданной им системой, т. к. её успех оценивается не в какой-то отдельный, а каждый момент существования.

Научно-инжиниринговая компания ЗАО «Струнные технологии» (Минск, Республика Беларусь) на основе запатентованной технологии учёного, инженера и изобретателя А. Э. Юницкого [4] разрабатывает не просто отдельные объекты (путевые структуры, инновационные транспортные средства, здания транспортной инфраструктуры и др.), а формирует на основе данных компонентов новую транспортную систему. В результате на постоянной основе внедряется комплексный подход, который предлагает СИ.

Вместе с тем, имея в своём штате инженерно-технических специалистов из вузов Беларуси и стран ближнего зарубежья, выявлено, что в целом понимание описанных выше подходов у них чаще всего присутствует только на базовом (интуитивном) уровне. Как показывает практика, такими инструментами, как FMEA (Failure Mode and Effects Analysis), FTA (Fault Tree Analysis) или навыками управления требованиями, анализа рисков при трудоустройстве в компанию владеют единицы специалистов. В этой связи особенно актуальной и целесообразной представляется идея внедрения (дополнения) учебных программ ведущих отечественных технических вузов практиками и отдельными дисциплинами по СИ. Это позволит привить специалистам навыки использования комплексного подхода в различных процессах, повысить уровень подготовки инженерно-технических кадров в целом для нужд национальной экономики.

#### Список литературы

1 **Hirshorn, S.** NASA Systems Engineering Handbook / S. Hirshorn. – Washington, 2016. – 287 p.

2 Системная инженерия для технических специалистов и менеджеров с инженерным прошлым [Электронный ресурс]. – Режим доступа : [https://hardsoftskills.by/system\\_engineering](https://hardsoftskills.by/system_engineering). – Дата доступа : 19.04.2023.

3 ГОСТ Р 57193-2016. Системная и программная инженерия. Процессы жизненного цикла систем. – М. : Стандартинформ, 2016. – 94 с.

4 **Юницкий, А. Э.** Струнные транспортные системы: на Земле и в Космосе / А. Э. Юницкий. – Силкарогс : ПНБ принт, 2019. – 576 с.

УДК 331.5.024.54

### О ВНЕДРЕНИИ ИНСТИТУТА НАСТАВНИЧЕСТВА В ТРАНСПОРТНУЮ СФЕРУ

*А. Э. ЮНИЦКИЙ, З. В. КОВАЛЁВА*

*Закрытое акционерное общество «Струнные технологии», г. Минск,  
Республика Беларусь*

Для формирования принципиально новой технологической среды предприятий транспортной отрасли необходим постоянный приток квали-