

– квадрат любого числа:

$$G_n^2 = G_{n-1}G_{n+1} + d(-1)^n, \quad q = 1, 2, 3, 4, 5, \dots \quad (6)$$

где  $d = q^2 - q - 1$ .

– сумма квадратов первых  $n$  чисел:

$$G_1^2 + G_2^2 + \dots + G_n^2 = G_n G_{n+1} - f,$$

где  $f = q - 1$ .

В заключении остановимся на одном из интересных свойствах квадрата числа обобщенной последовательности. Из (6) следуют два свойства:

$$G_{n+1}^2 - G_{n-1}G_{n+1} = d(-1)^n, \quad q = 1, 2, 3, 4, 5, \dots \quad (7)$$

$$G_{n+1}^2 + G_{n-1}G_{n+1} = 2G_n G_{n+1} + d(-1)^n, \quad q = 1, 2, 3, 4, 5, \dots \quad (8)$$

где  $d = q^2 - q - 1$ .

Суть первого свойства (7) заключается в том, что, что разность квадрата  $n$ -го числа и произведений  $(n-1)$  и  $(n+1)$  окружающих его чисел всегда равна  $d$  со знаком зависящем от четности или нечетности  $n$ . Для частного случая  $q = 1$  и  $q = 1$  значение  $d$  всегда равно 1. Соотношение (7) было установлено в 1680 г. французским астрономом Жаном-Домеником Кассини и названо его именем.

Суть второго свойства (8) состоит в том, что сумма квадрата  $n$ -го числа и произведений  $(n-1)$  и  $(n+1)$  окружающих его чисел всегда равна сумме  $2G_n G_{n+1} + d$ . Это соотношение выпало из поля зрения как Кассини, так и других исследователей рекуррентных последовательностей (может я ошибаюсь?). Почему это произошло автору неизвестно. В то же время соотношение (8) обладает не менее интересными свойствами, чем соотношение Кассини и заслуживает внимания со стороны исследователей, тем более, что первое соотношение (7) следует из второго (8), а второе из первого.

УДК 004.312.466

## ЭТАПЫ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОГО ДОКАЗАТЕЛЬСТВА КОРРЕКТНОСТИ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ МИКРОПРОЦЕССОРНЫХ УСТРОЙСТВ АВТОМАТИКИ И ТЕЛЕМЕХАНИКИ

Б. В. СИВКО

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Микропроцессорные системы железнодорожной автоматики и телемеханики (СЖАТ) относятся к критически важным объектам информатизации и подлежат обязательному анализу на безопасность функционирования. В то же время доказательство безопасности функционирования аппаратно-программных комплексов (АПК), используемых на железной дороге, является одной из проблем, для которой в настоящее время не существует единого решения, поэтому идет интенсивный поиск методов и средств, позволяющих эффективно проводить верификацию микропроцессорных устройств.

Функциональность и безопасность поведения АПК зависит, в том числе, от находящегося в его составе программного обеспечения (ПО), в связи с этим, при анализе на безопасность существует необходимость верификации программных средств. При этом, так как ни один из существующих методов не гарантирует отсутствия ошибок в ПО, практикуется комплексный подход с применением ряда методов и средств на всех этапах жизненного цикла. Одним из способов верификации является доказательство корректности, успешно применяемое при анализе на безопасность в лаборатории «Безопасность и ЭМС технических средств» (БЭМС ТС) Белорусского государственного университета транспорта для микроэлектронных устройств СЖАТ низкого уровня, таких как блоки телеуправления (ТУ16-1) и телесигнализации (ТС32-1) диспетчерской централизации «Нёман», безопасные блоки управления напольными объектами ТУ-8Б и ТС-16Б микропроцессорной централизации «путь» и других устройств, выполняющих функции контроля, сигнализации, сопряжения и диагностики.

Мировой опыт верификации микропроцессорных систем, а также опыт анализа на безопасность в лаборатории «БЭМС ТС» говорит о том, что доказательство корректности существующих систем является сложным и трудоемким процессом даже для ПО, не обладающего большой сложностью. Во время верификации происходит полный цикл обратной разработки (*reverseengineering*), заключающийся в определении свойств системы на основании конкретного её исполнения. Данный процесс не может быть выполнен одним универсальным методом, но для облегчения выполняемой задачи его можно разделить на ряд этапов и выделить подходы, позволяющие эффективно решать определенные классы проблем.

В докладе предлагается подход, согласно которому доказательство корректности должно проводиться в виде ряда последовательных этапов, каждый из которых решает некоторую задачу и облегчает последующую верификацию всего АПК. Рассматриваются следующие этапы проведения доказательства корректности:

- функциональная декомпозиция;
- объектное разбиение;
- последовательное доказательство свойств системы;
- разделение доказательств старта и циклической работы системы;
- применение предикатов абстракций;
- анализ на модели.

В докладе рассматриваются предпосылки и условия применения описанных этапов, а также контекст и подробности их использования для выполнения эффективного и качественного анализа ПО на безопасность.

УДК 656.212.5:681.3

## О ЗАДАЧАХ ФОРМИРОВАНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА УКРАИНЫ

*В. В. СКАЛОЗУБ, В. Н. ОСОВИК*

*Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта  
имени академика В. Лазаряна, Украина*

В настоящее время во многих передовых странах мира развитие транспортных систем (ТС), в том числе систем железнодорожного транспорта, связывается с созданием инновационной инфраструктуры, использующей современные информационные и телекоммуникационные технологии, включая и глобальные навигационные системы позиционирования подвижных объектов (GPS/ГЛОНАС и др.). Особенностью и основной задачей применения такой инфраструктуры является внедрение на разных уровнях принципов интеллектуального управления при планировании и реализации перевозок. Актуальность проблемы формирования и продвижения интеллектуальных транспортных систем (ИТС) связывается с потребностями совершенствования и многокритериальной оптимизации управления при обеспечении требований безопасности, эффективности, снижения воздействия транспорта на окружающую среду в условиях непрерывно возрастающей интенсивности транспортных потоков, усиления взаимодействия различных видов транспорта при решении логистических и других задач.

Развитие и внедрение методов и технологий ИТС на железных дорогах Украины направлено на повышение в целом качества и эффективности железнодорожных перевозок, на обеспечение конкурентоспособности железнодорожного транспорта в современных рыночных условиях, вхождение его в мировую транспортную систему. Учитывая достаточно высокий уровень развития автоматизированных систем железнодорожного транспорта Украины, грузовых – АСК ВП УЗ, пассажирских перевозок – АСК ПП УЗ, в качестве первоочередных отметим задачи формирования и реализации процедур автоматического/автоматизированного мониторинга железнодорожных перевозок, необходимость оперативного взаимодействия подвижных объектов с инфраструктурой, важную роль, как формирования, так и использования баз данных и знаний, применения методов интеллектуального управления (распознавание, классификация, управление по шаблонам и др.). Широкий комплекс возникающих и реализуемых при этом технологических и эксплуатационных задач, а также