

Самоходный грузовой вагон для системы FlexCargoRail

Система FlexCargoRail разработана для эксплуатации грузовых вагонов с автономным тяговым электроприводом и дистанционным управлением по радио. Эта система повышает гибкость выполнения сортировочных операций и, следовательно, эффективность перевозок повагонных отправок. Основная концепция системы рассмотрена в июльском номере журнала «Железные дороги мира» за 2010 г. Стремительное развитие аккумуляторной техники за последние десятилетия позволяет использовать в таких вагонах (NLT) электрическую тягу для выполнения типично маневровых операций, а также для реализации концепции грузовых поездов с распределенной тягой.

Для применения в системе FlexCargoRail стандартные грузовые вагоны оснащаются тяговым электрическим приводом для одной колесной пары и системой дистанционного управления приводом по радио. Пригодность вагона такой концепции для реальных условий эксплуатации должна быть подтверждена последующими эксплуатационными испытаниями опытного образца.

В поезд FlexCargoRail может входить головной вагон с кабиной управления. Он также имеет тяговый привод, пульт управления, систему управления и устройства обеспечения безопасности движения. Его тяговый привод получает энергию из контактной сети или от дизель-генераторного агрегата. Подвижная единица в голове состава вместе с вагонами NLT и обычными грузовыми вагонами образуют грузовой поезд с распределенной тягой. Таким образом, в долгосрочной перспективе применение FlexCargoRail создаст потенциал для новой технологической платформы грузовых перевозок, согласно которой по определенным сценариям можно будет обходиться даже без магистральных локомотивов.

Технические требования к вагону NLT

В технико-экономическом исследовании концепции FlexCargoRail была взята за основу логистика химической отрасли промышленности, в которой система FlexCargoRail может быть особо рентабельной. В связи с этим для определения требований к системе рассматривались типовые условия, заданные для логистики химической отрасли и реальные сценарии движения.

Определение рабочих характеристик

При расчете параметров основной поездки между станцией подъездных путей и станцией примыкания их к главной сети с использованием данных железных дорог Германии (DB) и с учетом географических и топографических характеристик были составлены режимы движения для некоторых типичных рабочих сценариев с использованием вагонов-цистерн. При этом было поставлено условие, что единица подвижного состава

всегда движется с максимально допустимой скоростью. Поскольку основная поездка актуальна для NLT только с точки зрения продолжительности заряда его аккумулятора, то указанная идеализация ведет к недостаточной достоверной оценке.

Для расчета мощности тягового привода в маневровых операциях был взят четырехосный вагон-цистерна с допустимой массой 90 т (рис. 1), который широко используется в логистике химической отрасли. При этом была дана оценка типичным сценариям движения вагонов-цистерн на одном из химических предприятий. Расчет тягового привода выполняли с условием, что вагон NLT сможет перемещать еще один вагон такого же типа и такой же массы, но не имеющий тягового привода. В вагоне NLT тяговым приводом оснащена только одна колесная пара (рис. 2).

При расчетах некоторые коэффициенты были получены на основе имеющихся в распоряжении технических и эксплуатационных данных обычных вагонов-цистерн, поскольку для грузового вагона с тяговым приводом таких данных пока нет. В ходе прикидочных расчетов не учитывали некоторые факторы, такие, например, как влияние бокового ветра, потребляемая мощность вспомогательных устройств.

Для суммы сопротивлений движению вагона составлено следующее уравнение:

$$F_{WFT} = c_L G_L + c_T G_T + 0,5 \rho c_{Lu} A_F \{ (v_F + \Delta v) / 3,6 \}^2, \quad (1)$$

где $G_L = \sum m_L g$ — сумма нагрузок на все поддерживающие оси; $G_T = \sum m_T g$ — сумма нагрузок на все моторные оси; $m_L = m_T = 22,5$ т — максимально допустимая нагрузка на ось; $g = 9,81$ м/с² — ускорение силы тяжести; $c_L = 0,002$ — коэффициент основного сопротивления движению поддерживающих колесных пар; $c_T = 0,003$ — то же, для моторных осей; $\rho = 1,225$ кг/м³ — плотность воздуха; $c_{Lu} = 0,773$ — коэф-

коэффициент аэродинамического сопротивления сформированного состава; $A_F = 10 \text{ м}^2$ – нормативная площадь поперечного сечения цистерны; v_F – скорость движения, км/ч; $\Delta v = 10 \text{ км/ч}$ – прирост скорости для преодоления встречного ветра.

Сопротивление при трогании равно

$$F_A = 0,006 m_{Ges} g, \quad (2)$$

где m_{Ges} – общая масса состава, равная $2 \cdot 90 = 180 \text{ т}$.

Сопротивление разгону F_B рассчитывается по формуле

$$F_B = m_{Ges} a \lambda, \quad (3)$$

где $\lambda = 1,1$ – коэффициент массы (вращающиеся массы); $a = 0,05 \dots 0,1 \text{ м/с}^2$ – ускорение, приведенные значения которого являются обычными для грузовых поездов.

Сопротивление движению на подъеме с малым углом можно вычислить с помощью следующего соотношения:

$$F_S = m_{Ges} g \sin \alpha = m_{Ges} g \tan \alpha = m_{Ges} g i, \quad (4)$$

где α – угол уклона; i – уклон (в конкретном случае максимальный уклон 12,5‰).

Сумму сил сопротивления при движении в кривой F_B можно рассчитать только с помощью уравнений, полученных опытно-экспериментальным путем.

Для определения требуемой силы тяги Z справедливо выражение $Z \geq \Sigma F$.

Кроме того, передаваемая сила тяги в большей мере зависит от коэффициента сцепления колеса с рельсом

$$Z \leq f_x G_T, \quad (6)$$

где f_x – коэффициент сцепления колеса с рельсом.

Следующее соотношение между установленной мощностью P , скоростью движения и суммой сил сопротивления движению выполняет



Рис. 1. Вагон-цистерна компании Tamoil-Wascosa на станции Мангейм-Фридрихсфельд

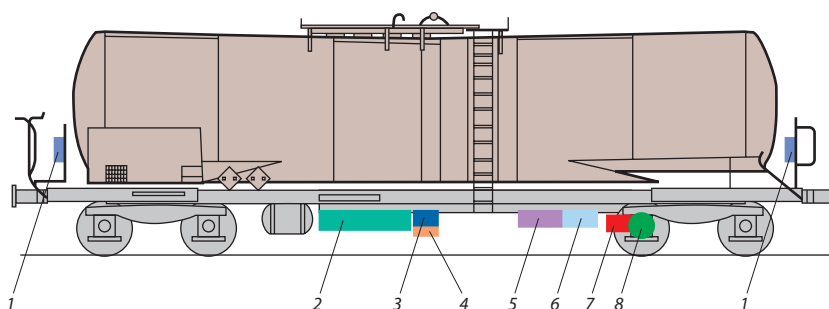


Рис. 2. Пример размещения тягового привода и другого дополнительного оборудования в вагоне-цистерне:

1 – пульт управления; 2 – аккумуляторная батарея; 3 – блок управления; 4 – радиоприемное устройство; 5 – тяговый преобразователь; 6 – вентилятор системы охлаждения; 7 – тяговый двигатель; 8 – редуктор

Рабочие характеристики тягового привода вагона NLT в диапазоне скорости от 0 до 25 км/ч

Скорость, км/ч	Ускорение, м/с ²	Сопротивление движению		Мощность на ободе, кВт	Коэффициент сцепления	Передаваемая сила тяги, кН
		на площадке, без ускорения, Н	на подъеме 12‰, скорость до 5 км/ч, кН			
0	0,05 (трогание)	10 635,085	42,608	0	0,331	73,16
1	0,1	47,957	41,92	11,645	0,328	72,324
5	0,1	85,951	41,958	58,276	0,314	69,321
10	0,18	149,883	35,79	99,416	0,3	66,193
15	0,12	232,081	23,992	99,967	0,288	63,595
20	0,09	332,546	18,153	100,847	0,278	61,403
25	0,07	451,277	14,311	99,384	0,27	59,529

ся для всех рассмотренных эксплуатационных ситуаций:

$$P \leq Zv_r \quad (7)$$

На основе этих элементарных взаимозависимостей были определены основные технические параметры привода.

Электропривод и редуктор

Для расчета мощности привода учитывались следующие общие требования:

- способность разогнать сцеп, состоящий из моторного вагона NLT и обычного вагона, до скорости 25 км/ч (общая масса сцепа 180 т);
- реализация минимальной скорости 5 км/ч даже при максимальной величине подъема 12,5‰;
- устойчивая работа в режиме генератора при скорости движения вагона NLT в составе поезда до 120 км/ч.

В таблице приведены основные характеристики вагона, работающего в режиме тяги. Как видно из таблицы, мощность на ободу моторной оси может меняться от 70 до 100 кВт в зависимости от некоторых параметров пути и реализуемых режимов движения.

Передавать крутящий момент от тягового двигателя, закрепленного на раме тележки, можно было бы и с помощью карданного вала. Однако последний обладает повышенной чувствительностью к толчкам, которые неизбежны при маневровых работах, требует тщательного технического обслуживания, а также имеет существенные ограничения по частоте вращения. Это особенно отрицательно влияет на возможность движения вагона NLT в составе поезда со скоростью до 120 км/ч, когда тяговый двигатель работает в режиме генератора.

На сегодняшний день разработан специальный подвижной состав, например поезд для обслуживания строительных работ, восстановительный поезд для работы в тонне-

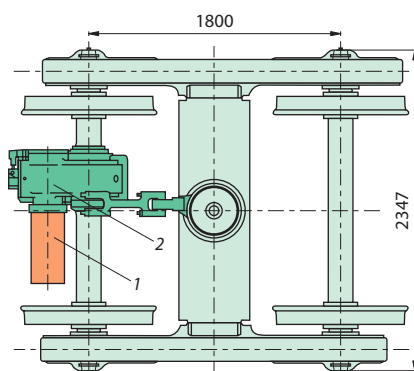


Рис. 3. Принцип размещения электрического тягового привода в грузовой тележке:

1 — асинхронный тяговый двигатель; 2 — редуктор

ле. Вагоны таких поездов оборудованы тележками Y-25 с компактным тяговым двигателем (гидравлическим или электрическим), который крепится непосредственно к редуктору колесной пары на фланце.

На рис. 3 показана подобная тележка с тяговым двигателем и одноступенчатым переключаемым редуктором массой менее 500 кг. Для конкретного случая использования с большим значением момента при трогании на низкой скорости и малым моментом на высокой скорости в генераторном режиме оптимальным был бы многоступенчатый редуктор, однако для его установки потребуется большее монтажное пространство.

Для опытного образца рекомендовалось использовать грузовую тележку типа Y25lsd, изготовленную на заводе в Галле, компактный асинхронный двигатель 1PV513 компании Siemens массой 120 кг, охлаждаемый смесью воды с гликолем, а также тяговый преобразователь ELFA на IGBT-транзисторах.

Система торможения

Из-за наличия тягового привода, занимающего определенный объем, пространство для размещения тормозного оборудования между колесами невелико. Компактные тормозные блоки, действующие на ко-

лесо с одной стороны, на рынке уже имеются, поэтому при серийном производстве систем тягового привода для грузовых вагонов не создадут дополнительных трудностей. Для автономного режима эксплуатации вагонов NLT должно быть обеспечено не зависящее от главной воздушной магистрали снабжение их энергией торможения. Если предпочтение отдается пневматическому торможению, потребуются установка компрессора. Альтернативой могли бы стать гидравлические или электромеханические тормозные системы. Однако такое упрощенное энергоснабжение тормозов, удобное для автономного режима работы, вызвало бы большие технические проблемы при включении вагона в состав поезда, развивающего скорость до 120 км/ч. В связи с этим в исследованиях основное внимание должно быть уделено пневматическому тормозу с независимой подачей воздуха.

Следует отметить, что независимую систему торможения в сочетании с электрическим энергоаккумулятором и системой управления можно использовать для реализации автоматической пробы тормозов.

Аккумуляция энергии

Конструктивный расчет необходимого энергоаккумулятора — это следующая по степени важности задача после определения рабочих характеристик привода. При выборе наиболее пригодной для данного случая системы решающую роль играют характеристики плотности энергии, стойкости к циклическим зарядам-разрядам, а также масса, объем, затраты и надежность.

Свинцово-кислотные аккумуляторы, отвечающие современному уровню развития техники, имеют сравнительно большую массу, а никель-кадмиевые (NiCd) и никель-металлогидридные (NiMH), уже опробованные на пригородном

подвижном составе, намного легче, но дороже. Сейчас проводятся очень интенсивные научно-исследовательские изыскания в области ионно-литиевой (Li-Ion) технологии аккумуляторов. С помощью этой технологии достигается максимальная плотность энергии, поэтому автомобильная промышленность настойчиво форсирует эти разработки. В ближайшие 5 лет прогнозируется стремительный прогресс в данной области, который обеспечит безопасность, надежность и снижение затрат. Ионно-литиевые системы пока еще не доказали свою эксплуатационную надежность на железной дороге и оцениваются критически с точки зрения безопасности. В связи с этим в сфере пригородного и городского транспорта наряду с классическими свинцово-кислотными преимущественно используются NiCd- и NiMH-аккумуляторы.

Поскольку на аккумулятор в системе FlexCargoRail приходится значительная доля затрат, а это, в свою очередь, определяет выбор сферы экономически наиболее эффективного применения системы, то необходимы интенсивные усилия, направленные на дальнейшее усовершенствование ионно-литиевой технологии аккумуляторов. Для оценки их потенциала — без учета безопасности и надежности — по параметрам изготовителя разработана современная ионно-литиевая аккумуляторная система. При расчете конструктивных данных определили потребность в энергии на основе заданного пробега и определенного сценария движения. Общая масса ионно-литиевого аккумулятора составила 400–600 кг при потреблении энергии соответственно 20–40 кВт·ч. В то же время было установлено, что аккумуляторные системы на базе никеля относительно легче и в переходный период могут представлять собой некий приемлемый компромисс.

В долгосрочной перспективе ожидается значительный прогресс

в области ионно-литиевой технологии. Но на первом этапе будут использоваться другие аккумуляторные системы, представленные на рынке и имеющие соответствующий класс мощности. Важным аспектом при выборе той или иной системы являются инвестиции на ее интеграцию в конструкцию с учетом схем управления и поддержания постоянной температуры, а также способа размещения и крепления аккумуляторов. Эти инвестиции оказывают большое влияние на общую величину затрат жизненного цикла.

Дистанционное управление по радио

Инвестиции в систему дистанционного управления по радио маневровым локомотивом в соответствии с нормами ЕВО (Правила строительства и технической эксплуатации железных дорог Германии) составляют примерно по 10 тыс. евро на передатчик и приемник. Если сравнивать с инвестиционными затратами на обычный грузовой вагон, то эти дополнительные затраты уже расцениваются как значительные. Характер научно-исследовательской работы позволяет рассмотреть в рамках проекта FlexCargoRail более экономные варианты реализации дистанционного управления по радио.

Для системы дистанционного управления по радио разработаны специальные меры безопасности. Причиной такого подхода является то, что с помощью сигнала радиопередатчика можно передвигать несколько вагонов NLT. В связи с этим необходимо исключить возможность отправки оператором какого-то вагона NLT по неправильному адресу, да еще и с ускорением. В такой ситуации вагон NLT мог бы оказаться вне поля зрения оператора и подвергнуть опасности самого оператора (например, при подходе вагона со

спиной) или другой персонал, находящийся в зоне путей.

В качестве возможного решения предлагается, чтобы каждый NLT при получении команды с адресацией подавал визуальный сигнал (например, мигающей лампой). Оператор с пульта управления должен подтвердить получение этого сигнала до того, как управляемый им вагон NLT начнет движение. По радио можно также управлять группой вагонов.

Допуск к эксплуатации

На вагон NLT распространяются все предписания, действующие на железной дороге и относящиеся к подвижному составу. Желательно, чтобы дополнительное оборудование NLT базировалось на компонентах, отвечающих современному уровню развития техники и уже хорошо зарекомендовавших себя в эксплуатации. Опыт показывает, что процедура допуска проходит легче, если рассматриваемая система построена на компонентах, уже прошедших в свое время процедуру допуска к использованию в условиях железнодорожной эксплуатации.

Новый грузовой вагон должен соответствовать требованиям Технической спецификации по эксплуатационной совместимости TSI (подсистема «Грузовые вагоны»). Кроме того, необходимо, чтобы вагон отвечал всем требованиям МСЖД.

На территории предприятий вагон NLT должен подчиняться требованиям ВОА (Правила технической эксплуатации подъездных путей). На линиях общей сети должны выполняться требования норм ЕВО, а также правила и условия доступа к сети.

В первой версии вагона NLT предполагалось, что на продольной балке рамы вагона будет установлен рычаг, с помощью которого можно будет отключать все функции NLT (вплоть до режима заряд-

ки аккумуляторов). Кроме того, требовалось устройство, с помощью которого можно было бы включить обесточенный вагон.

Возможность роспуска вагонов NLT с сортировочной горки и их габарит

Вагоны NLT, оснащенные тяговым приводом, следует по возможности внедрять постепенно. Как и обычные вагоны, их можно при маневрах передвигать подталкиванием и спускать с сортировочной горки. Для определенного подвижного состава не допускается горочная сортировка. Вагоны некоторых типов (группы b и c) следует распустать с горки с соблюдением определенных мер предосторожности. Такой подвижной состав в соответствии с действующими инструкциями должен быть оборудован ручным тормозом. Желательно распространить правила роспуска этого подвижного состава и на вагоны NLT, например четырехосные цистерны с тяговым приводом.

На базе последних достижений техники вагоны NLT могут быть оснащены новейшими компонентами, грамотная интеграция которых в конструкцию вагона позволит обеспечить его соответствие требованиям документа МСЖД 505-1, относящегося к габаритам распустаемого с сортировочной горки подвижного состава.

Все приводившиеся данные касаются уже имеющихся на рынке грузовых вагонов с компонентами NLT. Если в конструкции вновь разрабатываемого грузового вагона предусматривается тяговый привод, то выделенное монтажное пространство должно обеспечивать более гибкое размещение дополнительных компонентов. Положительным моментом в данном случае является тот факт, что все аккумуляторные системы представляют собой батарею из многих элементов, которые можно распо-

лагать в нескольких монтажных пространствах.

Для обслуживающего персонала по обоим концам вагона необходимы подножка и площадка (в данном случае с блоком управления), отвечающая требованиям техники безопасности, с которой можно надежно управлять вагоном.

Защита от шума

В Техническом руководстве по защите от шума (TA Lärm) нормированы уровни излучаемого шума, действительные для оборудования всех видов. Защита от вредного воздействия шума на окружающую среду за пределами строений гарантирована в том случае, если общая нагрузка в точке, расположенной на определенном расстоянии от источника шума, не превышает нормативных значений. Если с этой точки зрения рассматривать вагоны NLT, то наличие в них электрического тягового привода вряд ли увеличит уровень шума, излучаемого движущимся обычным грузовым вагоном. Только в режиме готовности к движению NLT в отличие от обычного грузового вагона может излучать некоторый шум, обусловленный работой компрессора и вентиляторов аккумуляторной батареи. Однако и в этом случае соблюдаются нормативы по шумоизлучению.

Техническое обслуживание и диагностика

Через определенные промежутки времени грузовые вагоны подвергаются проверке и техническому обслуживанию. В первую очередь это касается компонентов тормозной системы, ходовой части и ударно-тяговых приборов. В то же время вагоны NLT с электрическим тяговым приводом имеют ряд дополнительных узлов, которые с точки зрения обеспечения безопасности движения также должны проходить

регулярную проверку и техническое обслуживание.

В силу того что оборудование имеет электрические компоненты с электронным управлением, систему контроля и диагностики удалось реализовать и интегрировать в конструкцию вагона относительно легко. С помощью дополнительного телеметрического оборудования можно было бы считывать на расстоянии данные о режиме работы вагона. Для обеспечения надежной эксплуатации вагонов NLT для них должны быть составлены требования и планы по текущему содержанию и ремонту. Кроме того, в вагонах имеются постоянно контролируемые блоки, например аккумуляторы (проверка степени заряженности).

В эксплуатации уже находится большое число грузовых вагонов с дополнительным электрооборудованием, например вагоны с холодильными агрегатами для термочувствительных грузов и подвижной состав с осевыми генераторами для зарядки аккумуляторных батарей.

Специальные меры безопасности для вагонов NLT

При составлении технических требований должны быть учтены специальные меры безопасности. Способность вагона NLT двигаться в автономном режиме требует исключения возможности любых его перемещений при несанкционированном доступе к пульту управления. Кроме того, соответствующие правила по эксплуатации вагона должны предусматривать запрет на нахождение посторонних лиц на площадках вагона, особенно во время его движения.

Следует также обратить внимание на то, чтобы высококачественное оборудование, установленное на вагонах NLT, было защищено от вандализма и краж. Остроту данной проблемы выявила кра-

жа высококачественных приемников GPS, которыми были оснащены двухъярусные вагоны для перевозки автомобилей.

Эффективность конструкции вагона в системе FlexCargoRail

Экономический эффект от использования концепции FlexCargoRail достаточно большой. Благодаря получаемым эксплуатационным преимуществам достигается экономический эффект, который сопоставили с максимальной разницей в издержках производства грузовых вагонов с приводом и традиционных, без привода. В зависимости от ситуации экономический эффект может быть на уровне 35–85 тыс. евро.

По отношению к закупочной цене традиционного грузового вагона-цистерны с электрическим тяговым двигателем для перевозки химических грузов даже при благоприятных сценариях оказываются довольно большими. Кроме того, следует учитывать и инвестиции на тяговый двигатель класса мощности около 100 кВт, пригодный для условий железнодорожной эксплуатации, соответствующий преобразователь, аккумулятор нужной емкости, специальную систему дистанционного управления по радио с уровнем надежности SIL3. Здесь важно не только не выйти за рамки допустимых затрат, но и получить экономическую выгоду от применения FlexCargoRail. Для этого есть два способа, неординарных, по крайней мере, для железнодорожного транспорта.

Использование стандартных промышленных компонентов

Одним из условий приобретения компонентов при разработке подвижного состава является их пригодность для работы в услови-

ях железной дороги. Степень пригодности непосредственно определяется строительными нормами и правилами, стандартами и директивами, которые учитывают прежде всего аспекты безопасности и надежности.

Что касается концепции FlexCargoRail, то здесь возникает вопрос о целесообразности использования пробега в качестве оценочного показателя, как это принято при разработке нового подвижного состава. Определенные показатели, такие, как вибро- и термостойкость, а также безопасность, естественно, должны подвергаться тщательной проверке. Без необходимой надежности, защищенности от отказов и долговечности значительно возросла бы вероятность возникновения неисправностей, вызывающих сбои в движении поездов, и связанных с этим экономических потерь.

Если с этой точки зрения рассматривать только концепцию FlexCargoRail, то можно утверждать, что последствия от применения в маневровой работе стандартных, не самых высококачественных компонентов, скорее всего, не будут такими тяжелыми.

При маневровых работах отказ одного из вагонов NLT не может серьезно нарушить процесс формирования поезда, так как на соседнем пути всегда имеется маневровый локомотив или другой вагон NLT, которые в состоянии обеспечить бесперебойную горочную или маневровую сортировку. Даже при движении на перегоне поезда из вагонов NLT в случае реализации сценария с локомотивом и распределенной тягой отказ одного или двух вагонов не вызовет остановки поезда, так как последний обладает значительным резервом тяговых средств.

В связи с этим напрашивается вывод о целесообразности использования в подвижном составе системы FlexCargoRail стандартных промышленных или уже хорошо себя

зареккомендовавших на железнодорожном транспорте серийных компонентов. Возможный потенциал можно проследить на примере тяговых двигателей.

Здесь можно было бы назвать электрический двигатель, который до сих пор используется в системах с гибридным приводом на городских автобусах. Речь идет о трехфазной асинхронной машине серии 1PV513 производства компании Siemens. Это надежный двигатель компактной конструкции мощностью 105 кВт и массой 120 кг. Благодаря высокой степени защиты (IP65/9k) он пригоден для наружного использования. Допустимый расширенный диапазон рабочих температур от –30 до +70 °С позволяет без ограничений использовать его на железнодорожном транспорте. При равной мощности подобный двигатель мог бы быть намного тяжелее и дороже. Как и другие компоненты, этот двигатель необходимо исследовать на предмет эффективности использования с учетом того, что он выпускается серийно, обладает высокой степенью надежности и приемлемым сроком службы.

Возможности повышения механической прочности необходимо определить в рамках испытания опытного образца.

Дистанционное управление вагоном по радио

Как известно, существуют такие компоненты оборудования, у которых с точки зрения пригодности для железнодорожного транспорта механическая прочность и долговечность невысоки. При этом требуются значительные затраты для улучшения их параметров, чтобы последние соответствовали определенному уровню безопасности, принятому на железной дороге.

Критическими с точки зрения безопасности компонентами в системе FlexCargoRail являются в

первую очередь система дистанционного управления по радио и схема управления вагоном. При выборе вариантов систем дистанционного управления по радио к рассмотрению были приняты имеющиеся на рынке модели, предназначенные для железнодорожного транспорта. В данном случае специально для FlexCargoRail были модифицированы системы известных поставщиков.

Для управления вагоном NLT или группой таких вагонов предлагались железнодорожные устройства, поставляемые крупными компаниями-изготовителями и имеющие двухканальную структуру. С их помощью можно достичь требуемого для железной дороги уровня безопасности SIL3.

В этом случае правомерен вопрос о возможности экономии за счет использования промышленных компонентов. В качестве эквивалента системы управления вагоном было предложено программируемое запоминающее устройство (SPS). Многие системы SPS отвечают требованиям SIL3. С помощью таких систем можно выполнять параллельно с управлением критичные и некритичные с точки зрения безопасности процессы, причем критичные процессы отвечают требованиям уровня полной безопасности SIL3. Соответствующее SPS может взять на себя все задачи специальных железнодорожных устройств управления.

В рассматриваемую концепцию управления необходимо интегрировать дистанционное управление по радио. По мнению авторов, можно создать промышленную беспроводную локальную сеть связи (IWLAN). Соответствующий приемопередатчик соединяется с SPS. Благодаря использованию современного стандартного протокола,

например ProfiSafe, поддерживает требуемый уровень безопасности. Вместо классического блока эта концепция предлагает переносные модули системы SPS. Правда, здесь механическое исполнение корпуса должно соответствовать техническим требованиям маневровой работы (быть прочным, удобным в управлении, в том числе когда оператор работает в перчатках, и т. д.).

Оценка потенциала снижения затрат

Благодаря использованию промышленных компонентов, отвечающих высоким требованиям, вместо элементов, специально разработанных для железнодорожного транспорта, появляется значительный потенциал экономии. Следует принимать во внимание определенные характеристики компонентов: вибростойкость, устойчивость против атмосферных воздействий и т. д. Ограничения по некоторым характеристикам, особенно по надежности и долговечности, можно допустить для особых случаев использования в системе FlexCargoRail.

Что касается дистанционного управления по радио на базе промышленных SPS, то и здесь обнаруживается достаточно высокий потенциал экономии. Следует отметить, что опыт использования этих компонентов в условиях железной дороги пока еще не накоплен. В последующих разработках уже должна быть реализована в полной мере указанная система управления по радио на базе промышленных SPS.

Выводы

Реализация вагона NLT, спроектированного для системы FlexCargoRail, технически возможна, одна-

ко необходимо проведение еще некоторых исследований. Прежде всего, требуется доработка имеющейся железнодорожной системы дистанционного управления по радио с целью реализации режима работы по системе многих единиц. Кроме того, схема адресации команд должна быть дополнена квитирующей сигнализацией. В качестве альтернативы возможна разработка системы на базе SPS.

Аккумуляторная батарея с нужными характеристиками может быть без ограничений создана на базе современных систем накопления энергии. Интенсивное развитие этой отрасли обеспечивает возможности дальнейшего развития системы FlexCargoRail. Продолжения исследований требует система управления, особенно для перспективного грузового поезда с распределенной тягой, реализуемой вагонами NLT.

Инвестиции, идущие на переоборудование традиционного грузового вагона в вагон NLT, могут быть использованы по многим сценариям. Правда, в этом случае придется отказаться от некоторых чисто железнодорожных устройств, что допустимо в ряде особых случаев эксплуатации системы FlexCargoRail. Последовательное применение стандартных промышленных компонентов, например тяговых электрических двигателей, и отказ от традиционного блока управления в пользу промышленного SPS могут значительно снизить объем требуемых капиталовложений.

Материалы институтов IFS и IRT Высшей технической школы RWTH в Ахене (http://www.irt.rwth-aachen.de/uploads/media/FlexCargoRail_BS.pdf); M. Baier et al. ZEVrail, 2009, № 1/2, S. 51–58.