

# КАК УСОВЕРШЕНСТВОВАТЬ СЛИВНЫЕ УСТРОЙСТВА ВАГОНОВ-ЦИСТЕРН

С.А. Фёдоров, канд. техн. наук

Требованиями Правил перевозок жидких грузов наливом в вагонах-цистернах и вагонах бункерного типа для перевозки нефтебитума и Правилами перевозок опасных грузов Соглашения о международном грузовом сообщении предписано обязательное применение сливных устройств с тремя запорными элементами в конструкции нефтебензиновых вагонов-цистерн, участвующих в международных перевозках. Указанные документы определяют следующую конструкцию сливного устройства вагона-цистерны: внутренний (основной) затвор, внешний (первый дополнительный) затвор и устройство прикрытия (второй дополнительный затвор).

Разработка новых сливных устройств подобной конструкции проводилась в условиях отсутствия единой нормативной базы и четких технических требований, учитывающих отечественную инфраструктуру перевозок. Помимо этого, за время работы данных устройств выявлен ряд недостатков, снижающих надежность и препятствующих их удобной и безопасной эксплуатации. Таким образом, одним из важных вопросов при создании новых вагонов-цистерн становится совершенствование сливного устройства с тремя запорными элементами с учетом современных требований инфраструктуры перевозок.

Возможные направления совершенствования сливных устройств определены специалистами ООО «Инженерный центр вагоностроения» (г. Санкт-Пе-

тербург) в ходе исследований по созданию новых вагонов-цистерн для перевозки нефтепродуктов. В рамках проведения данных работ решены следующие задачи: определен комплекс требований к конструкции сливных устройств, а также способы их проверки; выполнены обзор и анализ отечественных сливных устройств на соответствие сформулированным требованиям; определены основные направления их совершенствования.

Требования к конструкции сливных устройств вагонов-цистерн для нефтепродуктов определены на основе анализа не только действующей нормативно-технической документации, но и условий эксплуатации — технических требований, предъявляемых различными сторонами перевозочного процесса (собственники подвижного состава, перевозчики, грузоотправители, грузополучатели). Классификация требований, приведенных в табл. 1, выполнена по их виду: требования безопасности, коммерческие требования, функциональные, экологические и эргономические требования, а также по методу их проверки (рис. 1).

Соответствие сливного устройства требованиям безопасности проверяется при проведении расчетов и испытаний конструкции. При расчетной оценке должны учитываться показатели усталостной прочности соединения сливного устройства с обечайкой котла, являющегося одним из наиболее повреждаемых элементов вагона-цистерны. По данным ОАО «РЖД», за

1997 — 2003 гг. ежегодно до 110 тыс. вагонов отцеплялись в текущий ремонт по неисправностям котла. Из них около 10 % составили трещины и течи в зоне приварки сливного устройства.

Потенциальными причинами возникновения подобных повреждений являются:

- конструктивные концентраторы напряжений вследствие приварки сливного устройства с помощью угловых и тавровых швов и наличия выштамповки на обечайке котла в зоне соединения;

- значительный момент инерции сливного устройства относительно поперечной оси вагона-цистерны;

- повышенные инерционные нагрузки на сортировочных горках.

Возможным способом уменьшения повреждаемости является изменение конструкции соединения сливного устройства с обечайкой котла с введением дополнительных усиливающих элементов в виде отбортовки или жесткой торообразной вставки. Альтернативным вариантом модернизации может также стать снижение момента инерции сливного устройства за счет изменения величины условного прохода с Ду200 на Ду100. Проведенные расчетные исследования позволили установить, что применение перечисленных модернизаций позволяет снизить массовые характеристики сливного устройства в 4 раза и уменьшить максимальные напряжения, возникающие в зоне соединения, на 35 — 42 % (рис. 2).

Проводимые испытания сливных устройств должны подтвердить их соответствие конструкторской документации и требованиям нормативных документов, определяющих конструкцию и параметры арматуры для подвижного состава и условия безопасной эксплуатации вагонов-цистерн. Объем испытаний обычно включает:

- предварительный контроль параметров;
- испытания на прочность и плотность материала деталей и сварных швов системы паробогрева;
- гидравлические испытания запорных элементов;
- испытания на ударопрочность;
- испытания на виброустойчивость;
- испытания на подтверждение наработки на отказ;
- прочностные ударные и гидравлические испытания котла и сливного устройства в составе вагона-цистерны.

Среди контролируемых параметров следует выделить наиболее важные показатели, перечисленные

Таблица 1  
Виды и содержание требований, предъявляемых к конструкции сливных устройств

Вид требования	Содержание требования
Требования безопасности	Требования прочности и надежности конструкции сливного устройства
Коммерческие требования	Требования к себестоимости, сроку службы, сохранности груза, времени под разгрузочными операциями, эксплуатационным затратам
Функциональные требования	Требования инфраструктуры грузовых перевозок (грузоотправитель — перевозчик — грузополучатель)
Экологические требования	Требования к герметичности сливного устройства в процессе эксплуатации
Эргономические требования	Требования к удобству проведения работ при эксплуатации, техническом обслуживании и ремонте сливного устройства



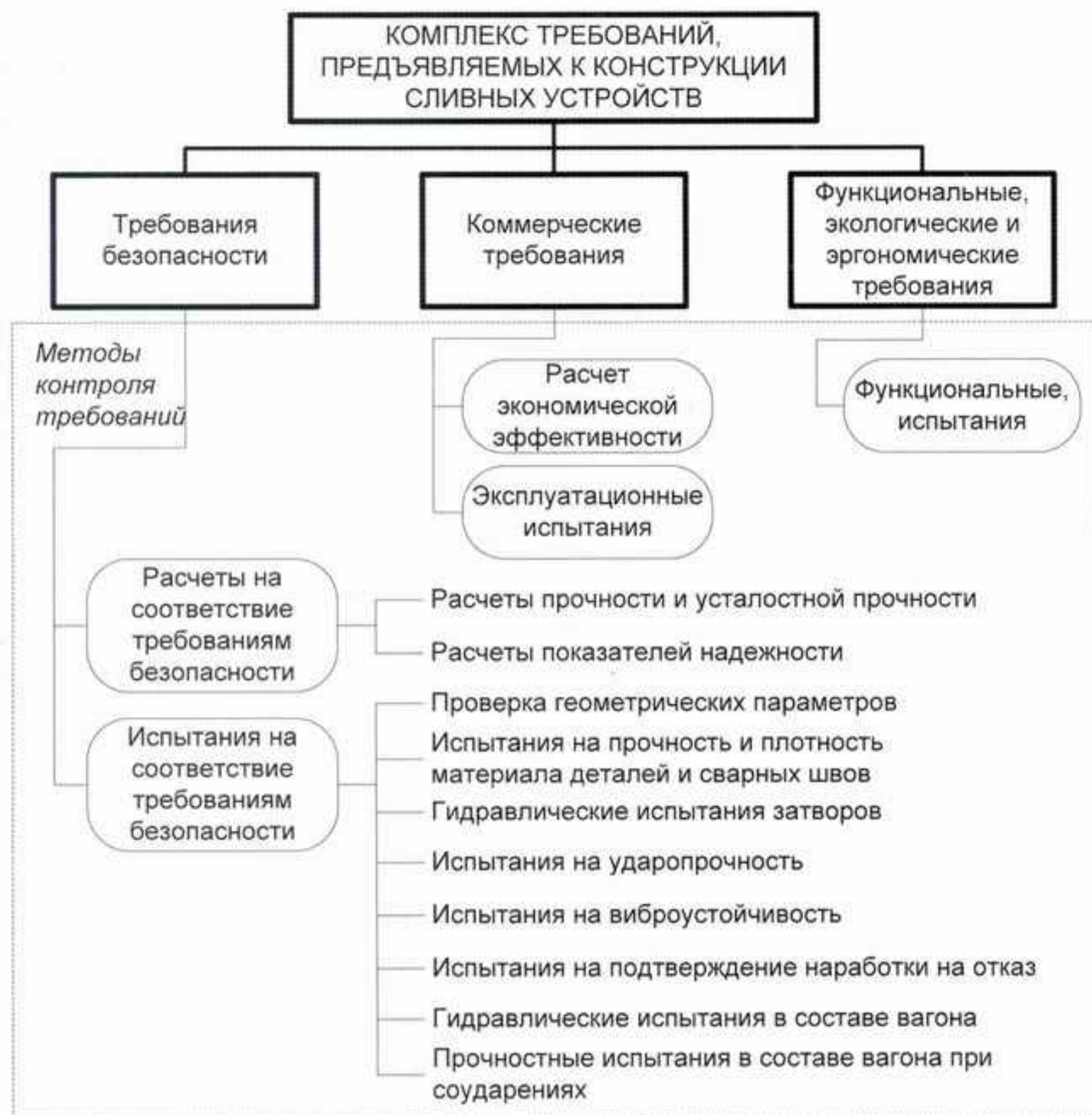


Рис. 1. Требования к конструкции сливных устройств и методы их контроля

ниже. При испытаниях проверяются присоединительные размеры сливного устройства, обеспечивающие его взаимозаменяемость с серийно выпускаемыми образцами, и контролируется масса, величина которой не должна превышать 200 кг.

Эксплуатация вагонов-цистерн для перевозки различных видов нефтепродуктов в различных климатических условиях требует проверки системы парового обогрева сливного устройства. Для контроля качества сборки, монтажа и герметичности проводятся гидравлические испытания. Кроме того, конструкция сливного устройства должна обеспечивать безотказную работу при воздействии эксплуатационных нагрузок: ударных с ускорением до 12g, динамических с частотой от 5 до 35 Гц, рабочих при температуре от минус 60 до плюс 50 °С.

Соответствие конструкции коммерческим требованиям проверяется при проведении расчетов и испытаний, подтверждающих стоимостные и эксплуатационные показатели. Цена серийно выпускаемого образца нового сливного устройства, а также затраты на техническое обслуживание и ремонт должны обеспечивать повышение экономической эффективности его использования по сравнению с существующей конструкцией.

Не меньшее значение имеют эксплуатационные характери-

сти вагона-цистерны, обеспечиваемые сливным устройством: трудовые и временные затраты на подготовительные и заключительные операции при разгрузке, время слива груза.

Конструкция эксплуатируемого универсального сливного устройства, разработанного в середине 50-х годов XX века и выпускаемого без существенных изменений до настоящего времени, не в полной мере соответствует вышеперечисленным требованиям. Наличие резьбовых прислонных элементов увеличивает время, требуемое для погрузо-разгрузочных операций, необходимость верхнего и нижнего управления затворами ведет к расширению обслуживающего персонала на сливноналивных эстакадах.

Выполнение экологических, функциональных и эргономических требований проверяется при функциональных и эксплуатационных испытаниях. Важным показателем, характеризующим экологическую безопасность при эксплуатации, является герметичность, обеспечиваемая сливным устройством.

Существующая конструкция с двумя запорными элементами, опирающимися через резиновые уплотнительные прокладки на цилиндрические седла, наряду с очевидными достоинствами простоты конструкции обладает и определенными недостатками. К их числу относят-

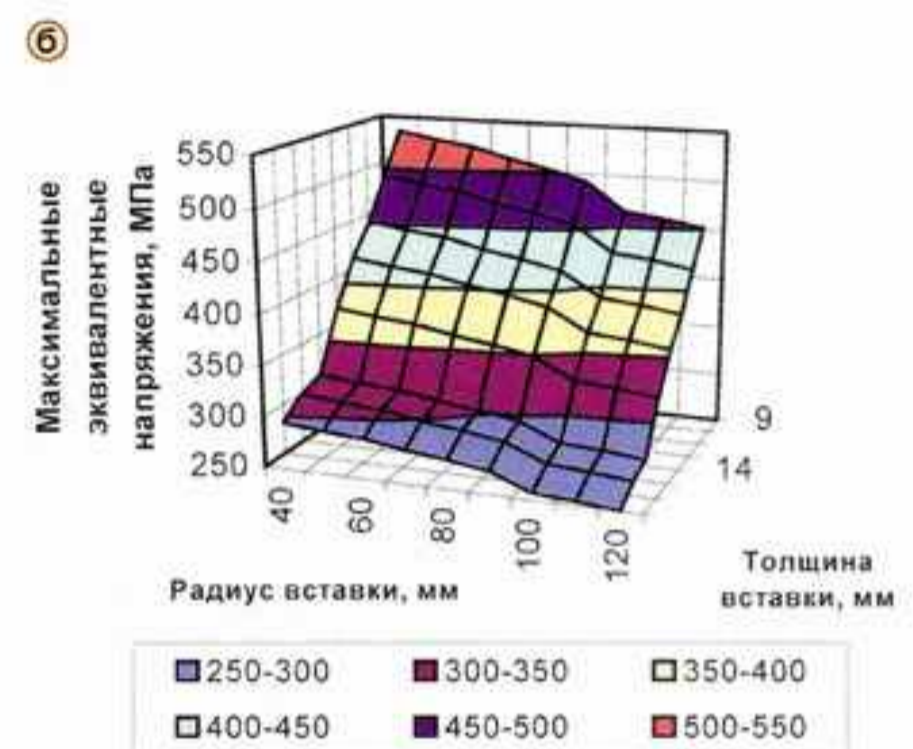
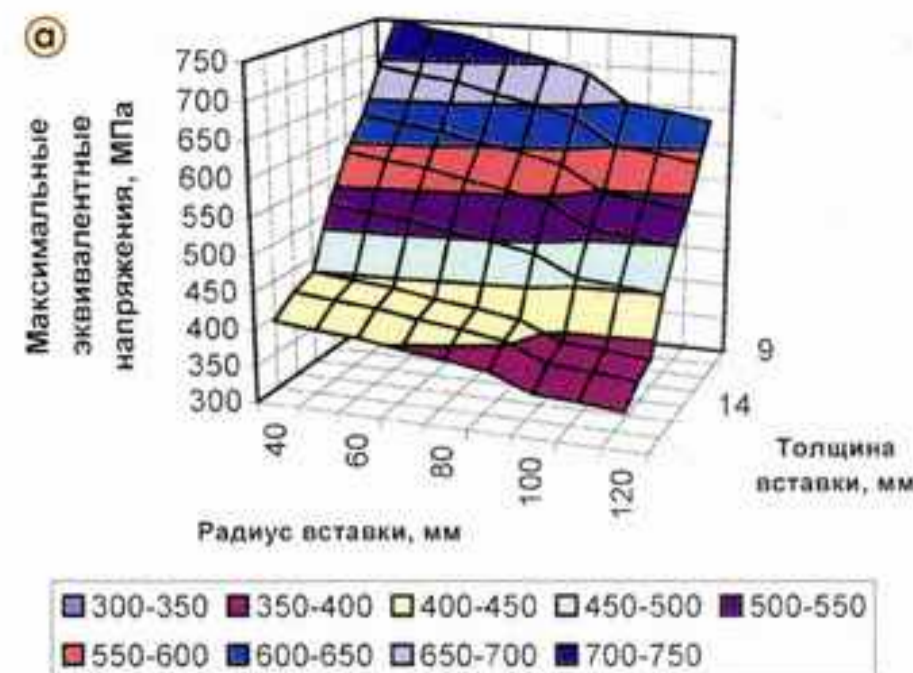


Рис. 2. Зависимость максимальных напряжений в зоне соединения сливного устройства с обечайкой котла от параметров вставки: а — условный проход сливного устройства Ду200; б — условный проход сливного устройства Ду100

ся вероятность попадания под клапан твердых частиц или посторонних предметов, повреждающих резиновые кольца, а также невозможность проконтролировать плотность прижатия клапанов, особенно после промывки и пропарки цистерн в зимнее время. Это, в свою очередь, привело к ситуации, когда основной причиной утраты нефтепродуктов являются течи через сливные устройства (более 80 % случаев; с 2001 по 2003 гг. утрата нефтепродуктов составила от 120 до 500 т).

При контроле соблюдения функциональных и эргономических требований необходима проверка следующих показателей:

- возможность разгрузки вагона-цистерны со сливным устройством новой конструкции в условиях существующих сливноналивных эстакад;
- обеспечение разогрева сливного устройства и груза в зимнее время;
- удобство обслуживания в эксплуатации;
- возможность свободного доступа с обеих сторон вагона-цистерны;
- обеспечение нормативных усилий на органах управления и другие параметры.

На втором этапе выполнены обзор и анализ отечественных сливных устройств на соответствие требованиям, сформулированным в первом разделе иссле-



Результаты разработки и постановки на производство сливных устройств с тремя запорными элементами

Стадия разработки	Производитель или разработчик сливного устройства						
	«Сплав»	«Мидланд»	Димитровград	Рузхиммаш	Азовмаш	ЦКБА	ОАО «ВНИИЖТ»
Разработка рабочей конструкторской документации	+	+	+	+	+	+	+
Изготовление опытного образца	+	+	+	+	+	-	+
Проведение стендовых/натурных предварительных испытаний	+/+	+/-	+/-	+/+	+/+	-	+
Проведение приемочных испытаний	+	-	-	+	+	-	-
Получение сертификата соответствия и разрешения на применение	+	-	-	+	+	-	-

дований. К настоящему времени на различных стадиях разработки находятся сливные устройства следующих производителей: «Сплав-Модернизация» (г. Великий Новгород), «Мидланд» (США), Димитровградхиммаш, Рузхиммаш, Азовмаш (г. Мариуполь), ЦКБА (г. Санкт-Петербург), ОАО «ВНИИЖТ» (табл. 2).

На предприятии «Сплав-Модернизация» выпускается сливное устройство с тремя запорными элементами: шаровым краном, дисковым поворотным клапаном и типовой крышкой прислонного типа (рис. 3,а). Шаровой кран, размещенный во внутренней полости котла, имеет два входных и одно выходное от-

верстие. Управление краном осуществляется через штангу и откидывающуюся рукоятку, находящуюся в горловине люка-лаза.

В качестве первого дополнительного запорного органа применен дисковый поворотный клапан, расположенный внутри сливного патрубка в зоне между вертикальными стенками хребтовой балки вагона-цистерны. Управляют положением дискового поворотного клапана при помощи рукоятки, расположенной ниже хребтовой балки. Конструкция второго дополнительного запорного органа выполнена типовой с сохранением принятых присоединительных размеров.

К основным недостаткам конструкции, характеризующим несоблюдение сформулированных технических требований, относятся:

- ❖ типовое соединение сливного устройства с обечайкой котла, не обеспечивающее необходимого запаса усталостной прочности;
- ❖ высокая стоимость из-за применения дорогих запорных элементов;
- ❖ увеличенное время разгрузки за счет дополнительного гидравлического сопротивления, создаваемого основным затвором;
- ❖ большой момент на органах управления;
- ❖ отсутствие надежной фиксации и возможность открытия первого до-

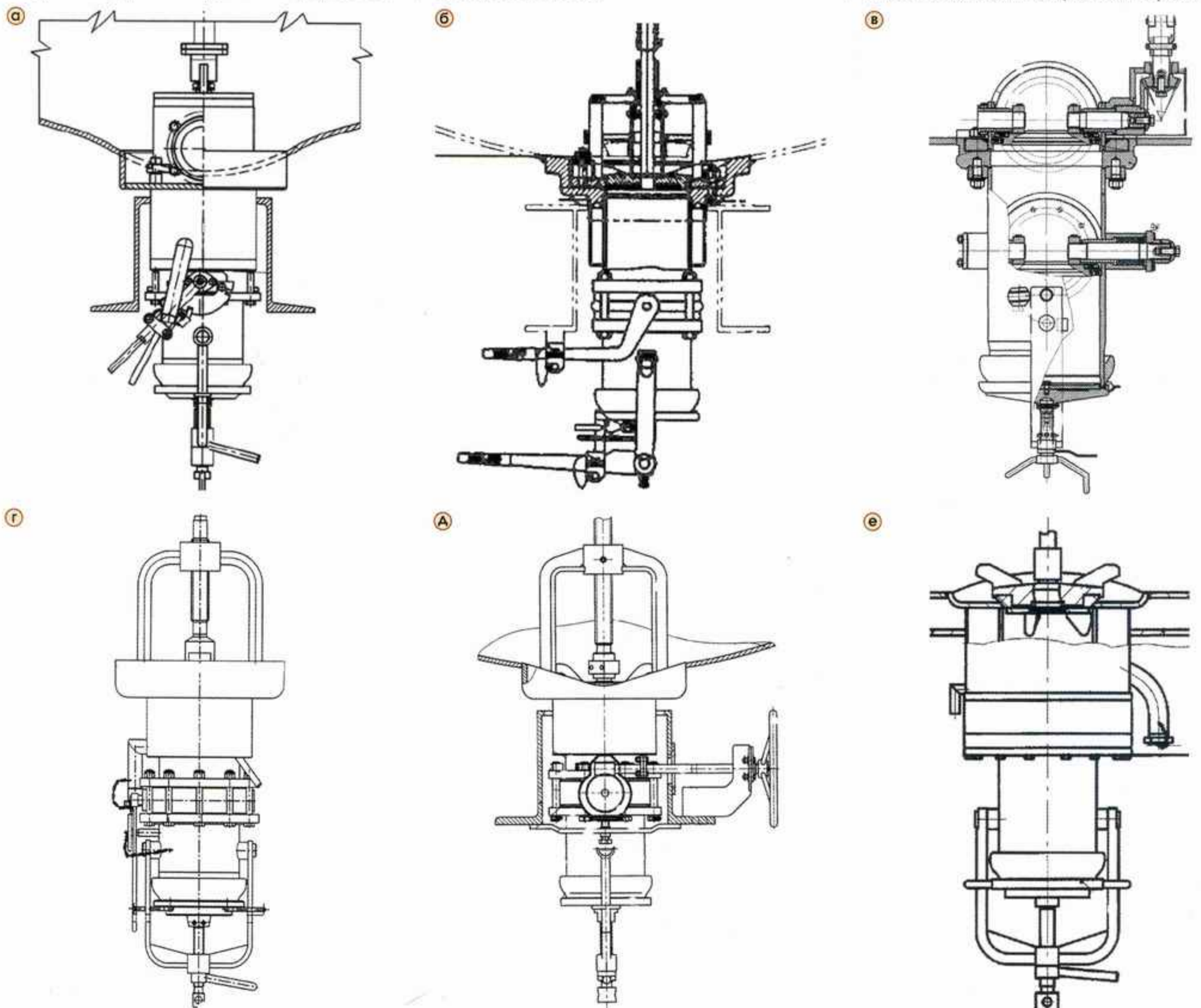


Рис. 3. Общий вид сливных устройств: а — разработки «Сплав-Модернизация»; б — разработки «Мидланд»; в — разработки ЦКБА; г — разработки Димитровградхиммаш; д — разработки Азовмаш; е — разработки Рузхиммаш



полнительного запорного элемента при движении вагона;

- ✦ высокая вероятность потери герметичности основного и первого запорного элементов при наличии в грузе посторонних включений или посторонних предметов.

Сливные устройства, выпускаемые компанией «Мидланд» (рис. 3,б) и ЦКБА (рис. 3,в), включают три запорных элемента: основной клапан, дисковый поворотный затвор и крышку прислонного типа. К основным конструктивным особенностям устройства «Мидланд» относятся быстродействующий основной затвор с пружинной штангой и второй дополнительный затвор с рычажной передачей, а устройства ЦКБА — основной дисковый затвор с коническим редуктором. В остальном конструкция сливных устройств аналогична описанной выше.

В качестве основных недостатков данных устройств определены:

- ✦ несоблюдение требований по герметичности при смятии или срезе сливного устройства в аварийных ситуациях;

- ✦ высокая стоимость вследствие применения дорогих запорных элементов иностранного производства и большого количества узлов;

- ✦ большой момент на органах управления первым дополнительным запорным элементом;

- ✦ возможность потери герметичности основного и первого запорного элементов при наличии в грузе посторонних включений или посторонних предметов;

- ✦ усложненная схема установки узлов и элементов.

Конструкция сливных устройств разработки Димитровградхиммаш (рис. 3,г), Азовмаш (рис. 3,д) и ОАО «ВНИИЖТ» в целом повторяет конструкцию универсального сливного устройства в части наличия основного и второго дополнительного затворов прислонного типа. В качестве первого дополнительного запорного органа использован дисковый поворотный клапан, в варианте Азовмаша оборудованный червячной передачей.

К основным недостаткам указанных устройств можно отнести:

- ✦ типовое соединение сливного устройства с обечайкой котла, не обеспечивающее необходимого запаса усталостной прочности;

- ✦ возможность потери герметичности при смятии или срезе сливного устройства в аварийных ситуациях (кроме сливного устройства ОАО «ВНИИЖТ»);

- ✦ отсутствие надежной фиксации и возможность открытия первого дополнительного запорного элемента при движении вагона;

- ✦ наличие резьбовых прислонных затворов, увеличивающих время разгрузки.

Сливное устройство, выпускаемое Рузхиммаш (рис. 3,е), состоит из трех последовательно установленных прислонных затворов. Основной и второй дополнительный затвор соответствуют универсальному сливному устройству. Конструкция первого дополнительного затвора аналогична основному, но оборудована приводом в виде рычажной передачи.

В качестве основных недостатков устройства определены:

- возможность потери герметичности при смятии или срезе сливного устройства в аварийных ситуациях;

- отсутствие надежной фиксации и возможность открытия первого дополнительного запорного элемента при движении вагона и непроизвольного закрытия при сливе;

- увеличенное время разгрузки за счет дополнительного гидравлического сопротивления, создаваемого первым дополнительным затвором;

- наличие резьбовых прислонных затворов, повышающих время разгрузки.

По результатам обзора и анализа конструктивных особенностей сливных устройств с тремя запорными элементами отмечены также общие замечания, характерные для всех изделий:

- большой диаметр условного прохода Ду200 увеличивает массу и момент инерции сливного устройства;

- конструкция сливных устройств, их присоединительные размеры отличны от применяемых в Западной Европе и не дают возможности использовать вагоны-цистерны при международных перевозках;

- отсутствие единой нормативной базы, регламентирующей правила эксплуатации сливных устройств;

- наличие нижнего и верхнего управления увеличивает временные и трудовые затраты на погрузо-разгрузочные операции;

- конструкция привода первого дополнительного затвора исключает возможность управления с обеих сторон вагона-цистерны;

- наличие трех затворов увеличивает время разгрузки вязких и застывающих нефтепродуктов;

- применяемые в конструкции материалы не позволяют эксплуатировать устройство при перевозке застывающих нефтепродуктов с температурой разогрева до 200 °С;

- наличие трех затворов не дает возможности разогревать груз через сливное устройство с использованием штатного оборудования эстакад;

- сливные устройства не имеют унифицированных узлов и деталей и не сопровождаются сформированной ремонтной базой.

Проведенный анализ результатов разработки и постановки на производство отечественными предприятиями сливных устройств с тремя запорными элементами показал, что в настоящее время отсутствуют устройства, полностью удовлетворяющие требованиям безопасности, коммерческим, экологическим, эргономическим и функциональным требованиям. В связи с этим на третьем этапе работы определены основные направления их дальнейшего совершенствования:

- модернизация соединения сливного устройства с обечайкой котла с целью улучшения показателей прочности и усталостной прочности;

- уменьшение диаметра условного прохода для снижения массы и момента инерции сливного устройства;

- внедрение конструктивных мероприятий, предотвращающих потерю герметичности котла и сливного устройства в аварийных ситуациях;

- исключение верхнего привода основного запорного элемента, использование быстродействующих запорных элементов для сокращения времени разгрузки;

- применение надежных механизмов фиксации элементов привода затворов для исключения их самопроизвольного открытия или закрытия;

- использование современных уплотнительных материалов, стойких к воздействию перевозимого груза и посторонних включений;

- модернизация первого дополнительного затвора для обеспечения возможности разогрева груза и пропарки сливного устройства;

- применение максимального количества унифицированных компонентов и узлов для обеспечения ремонтнопригодности.

Таким образом, в результате проведенных работ по оценке инфраструктуры железнодорожных перевозок сформирован комплекс требований безопасности, коммерческих, функциональных, экологических и эргономических требований к конструкции сливного устройства с тремя степенями защиты. Выполненный анализ разработки, постановки на производство и внедрения новых сливных устройств позволил сформулировать перечень основных направлений совершенствования их конструкции. ■