

УДК 614.849

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ И ПУТИ РАЗВИТИЯ СИСТЕМ ВОДОЗАПОЛНЕНИЯ ПОЖАРНЫХ АВТОМОБИЛЕЙ

Аксенов С.Г.

д-р э.н., профессор,

*ФГБОУ ВО Уфимский университет науки и технологий,
РФ, г. Уфа*

Муракаев И.Р.

студент,

*ФГБОУ ВО Уфимский университет науки и технологий,
РФ, г.Уфа*

Аннотация.

В статье рассматриваются актуальные подходы к повышению эффективности систем водозаполнения (вакуумных систем) насосных агрегатов пожарных автомобилей. Проведен анализ традиционных технологий, таких как газоструйные и шиберные вакуумные аппараты, и выявлены их ключевые недостатки, влияющие на время готовности к тушению. Особое внимание уделено современным тенденциям, включая внедрение автономных высокопроизводительных вакуумных систем с электрическим приводом и прогрессивных поршневых насосов. На основе анализа конструктивных решений и экспериментальных данных, представленных в научных работах, обоснована необходимость и высокая эффективность автоматизации управления процессом водозаполнения. Установлено, что автоматизация способна минимизировать влияние человеческого фактора и сократить подготовительный этап, что критически важно для оперативности действий пожарных подразделений. Сделан вывод о том, что комплексный подход, сочетающий надежное аппаратное обеспечение и интеллектуальное управление, является основным вектором развития пожарных насосных установок.

Ключевые слова: пожарный автомобиль, насосный агрегат, система водозаполнения, вакуумная система, автоматизация, время готовности.

***COMPARATIVE ANALYSIS AND DEVELOPMENT PATHS OF FIRE
TRUCK WATER SUPPLY SYSTEMS***

Aksyonov S.G.

*Doctor of Economics, Professor,
Ufa University of Science and Technology,
Ufa, Russian Federation*

Murakaev I.R.

*Student,
Ufa University of Science and Technology,
Ufa, Russian Federation*

Annotation.

The article considers current approaches to improving the efficiency of water filling systems (vacuum systems) for pump units of fire trucks. The analysis of traditional technologies, such as gas-jet and vane vacuum units, is carried out, and their key drawbacks affecting the readiness time for extinguishing are identified. Special attention is paid to modern trends, including the introduction of autonomous high-performance vacuum systems with electric drive and progressive piston pumps. Based on the analysis of design solutions and experimental data presented in scientific works, the necessity and high efficiency of automation of the water filling process management is substantiated. It has been established that automation can minimize the influence of the human factor and reduce the preparatory phase, which is critical for the efficiency of fire department actions. It is concluded that an integrated approach combining reliable hardware and intelligent control is the main vector of development for fire pump installations.

Keywords: fire truck, pump unit, water filling system, vacuum system, automation, readiness time.

Оперативность действий при пожаре является одним из ключевых факторов, определяющих успех тушения и масштаб возможного ущерба. Пожарный насосный агрегат, будучи центральным элементом пожарного автомобиля, должен быть введен в работу в минимально возможные сроки после прибытия на место. Критическим этапом подготовки к подаче воды из открытого водоисточника (водоема) является процесс водозаполнения —

удаление воздуха из всасывающей линии и полости центробежного насоса для его последующего запуска. Традиционно для данной цели используются вакуумные системы, однако их эффективность и надежность зачастую не соответствуют растущим требованиям к скорости развертывания. Время, затрачиваемое на заполнение насоса, напрямую влияет на общее время начала подачи огнетушащего вещества, что в экстремальных условиях может иметь решающее значение. В настоящем обзоре систематизированы основные проблемы существующих систем водозаполнения, проанализированы перспективные направления их модернизации, а также обоснована необходимость перехода к автоматизированным системам управления, позволяющим исключить субъективные факторы и стабилизировать время подготовки.

Центробежные пожарные насосы не обладают самовсасывающей способностью, поэтому для работы из открытых водоемов они комплектуются вакуумными системами. Основное назначение такой системы — создать разрежение (вакуум) во всасывающей линии и корпусе насоса, чтобы под действием атмосферного давления вода поднялась из источника и заполнила систему. Ключевыми требованиями к вакуумным системам являются высокая надежность, постоянная готовность к работе и минимальное время заполнения, которое, согласно нормативам, не должно превышать, как правило, 40 секунд при максимальной высоте всасывания [1].

Исторически сложилось, что на пожарных автомобилях применяются два основных типа вакуумных систем. Первый тип основан на газоструйном вакуумном аппарате (ГВА), использующем энергию отработавших газов двигателя. В такой системе заслонка направляет поток выхлопных газов в струйный насос (эжектор), создавая разрежение, которое через вакуумный клапан передается в полость пожарного насоса. Несмотря на простоту и отсутствие дополнительных приводов, ГВА имеют ряд существенных недостатков. Их работа нестабильна и зависит от оборотов двигателя, а для эффективного создания вакуума часто требуется его сильная раскрутка, что приводит к повышенному шуму, расходу топлива и загрязнению окружающей среды неочищенными выхлопными газами. Кроме того, производители современных автомобильных шасси часто запрещают вмешательство в штатную выпускную систему, что ограничивает применение ГВА на новой технике.

Второй распространенный тип — системы с шиберным (пластиначато-роторным) вакуумным насосом. Насос данного типа имеет механический или, что становится все более распространенным, электрический привод. При вращении эксцентрично расположенного ротора его лопатки (шибера) под действием центробежной силы прижимаются к стенкам корпуса, создавая перемещающиеся рабочие полости, которые захватывают и вытесняют воздух. Такие системы автономны и не зависят от работы двигателя на высоких оборотах. Однако они также имеют уязвимости: для надежной работы требуются коррозионностойкие материалы, а попадание воды в рабочую полость или заклинивание пластин из-за коррозии при длительном простое может вывести систему из строя. Также шиберные насосы требуют постоянного контроля уровня и дозаправки масла для смазки трущихся поверхностей [2].

Независимо от типа, общим недостатком традиционных систем является ручное управление. Оператор (водитель пожарного автомобиля) должен в строгой последовательности выполнить ряд действий: открыть вакуумный клапан, включить вакуумный насос или активировать ГВА, визуально контролировать появление воды в смотровом глазке, а затем вручную перекрыть клапан и запустить центробежный насос. Данная последовательность не только отнимает драгоценное время, но и подвержена риску ошибки из-за человеческого фактора, особенно в условиях стресса.

Развитие технологий направлено на устранение слабых мест традиционных систем за счет повышения производительности, надежности и автономности оборудования. Одним из ключевых трендов является переход к автономным вакуумным системам с электрическим приводом. Ярким примером служит вакуумный агрегат АВС-01Э. Это шиберный насос, оснащенный собственным электродвигателем, который питается от бортовой сети автомобиля. Его главные преимущества — высокая скорость создания вакуума (разрежение 0.8 кгс/см² в объеме насосной установки достигается за 5–7 секунд) и возможность работы независимо от привода основного насоса. Это позволяет проводить проверку герметичности системы («сухой вакуум») без запуска двигателя шасси, экономя ресурс и топливо. Управление такой системой сводится к нажатию одной кнопки, а наличие функции автоматического отключения упрощает процесс для оператора [4].

Другим перспективным направлением считается применение поршневых вакуумных насосов. В научно-технической литературе

отмечается, что при качественном изготовлении они являются более совершенными и надежными по сравнению с шиберными, а также соответствуют современным экологическим нормам. Поршневые насосы могут быть выполнены как модульными, так и встроеннымми непосредственно в конструкцию пожарного насоса, и допускают различные типы приводов и систем включения, в том числе автоматические.

Наряду с совершенствованием насосов, внимание уделяется и другим элементам системы. Увеличение проходного сечения вакуумных затворов (клапанов) и диаметра соединительных трубопроводов позволяет снизить гидравлическое сопротивление и, как следствие, сократить время водозаполнения при использовании того же вакуумного насоса [4].

Анализ работы насосных установок показывает, что конструктивные параметры системы оказывают меньшее влияние на общее время подготовки, чем инерционность и последовательность действий оператора при ручном управлении. Именно поэтому автоматизация процесса водозаполнения признана наиболее эффективным путем кардинального сокращения временных потерь [5].

Автоматизированная система управления водозаполнением строится на основе датчиков, исполнительных механизмов и программируемого логического контроллера. Датчик заполнения (например, датчик давления или оптический датчик наличия воды) непрерывно контролирует состояние полости насоса. При получении команды на забор воды система в автоматическом режиме выполняет цикл: электропривод открывает вакуумный клапан, автоматически включается вакуумный насос, контроллер по сигналу датчика определяет момент полного заполнения насоса водой, насос автоматически отключается, а вакуумный клапан закрывается. Система может автоматически или по команде оператора запустить центробежный насос.

Такая автоматизация позволяет стабильно достигать минимального времени водозаполнения, исключая влияние человеческого фактора. Оператор освобождается от необходимости выполнять рутинные операции и может сосредоточиться на общем управлении ситуацией. Ведущие европейские производители уже оснащают пожарные автомобили подобными автоматическими насосными установками, где автоматизируется

не только водозаполнение, но и управление двигателем, дозирование пенообразователя, работа запорной арматуры [3].

Повышение эффективности системы водозаполнения насосных агрегатов пожарных автомобилей является комплексной задачей, решение которой лежит на стыке аппаратных усовершенствований и интеллектуализации управления. Отказ от морально устаревших газоструйных аппаратов в пользу автономных, высокопроизводительных вакуумных систем с электрическим приводом или современных поршневых насосов позволяет существенно повысить надежность и скорость создания вакуума. Однако максимальный эффект в сокращении времени приведения насоса в готовность достигается за счет внедрения автоматизированных систем управления. Автоматизация минимизирует роль субъективных факторов, стандартизирует и ускоряет подготовительный этап, что напрямую повышает оперативность действий пожарных расчетов. Таким образом, будущее развития насосных установок видится в создании интегрированных комплексов, где совершенная аппаратная часть управляет интеллектуальной автоматикой, обеспечивая беспрецедентную скорость и безотказность работы в экстремальных условиях.

Библиографический список

1. Аксенов С.Г., Ирниченко О.А. Обеспечения пожарной безопасности нефтяных и газовых скважин // Экономика строительства. 2023. № 7. С. 41-45.
2. Аксенов С.Г., Гайзетдинова А.М. Анализ и оценка обеспечения пожарной безопасности на предприятиях пищевой промышленности на примере предприятий по изготовлению сиропа // Экономика строительства. - 2023, № 6. - С. 30-33.
3. Боднарук В.Б. Вакуумные системы современных пожарных машин. – Гомель: Гомельский инженерный институт МЧС Республики Беларусь, 2006.
4. Шныпарков А.В., Копытков В.В., Лямцев И.В., Колесников А.С. Моделирование этапов работы пожарного насоса НЦПН 40/100 // Universum: технические науки. – 2025. – №10(139).
5. Яковенко Ю.Ф., Яковенко К.Ю. Насосные установки современных пожарных автомобилей: модельные ряды, особенности конструкции, проблемы производства // Проблемы машиностроения и автоматизации. – 2022. – № 4. – С. 45-52.