ния независимых факторов оптимальным значением количества воздействий, приходящихся на единицу массы смеси, является не менее

800 шт./кг, а также массы смеси, приходящейся на воздействие лопасти мешалки тихоходного смесителя, – не более 0,001 кг/шт.

M. Borisova, A. Titov, V. Novikov, V. Konovalov

INFLUENCE OF A NUMBER OF IMPACTS OF LOW-SPEED MIXER BLADES ON CONCRETE QUALITY BEING PREPARED

Key words: *mixer; mixing; concrete quality; rotation frequency; blade; helical shape; the number of impacts.*

Authors' personal details

1. **Borisova Marina**, Post-graduate student of the department of Agricultural machines and mechanization of livestock breeding, Samara State Agroecological Academy, 446442, Samara region, Ust'-Kinel'sky settlement, Uchebnaya st., 2, e-mail: morskay6363@mail.ru.

2. **Titov Andrei**, Post-graduate student of the department of Agricultural machines and mechanization of livestock breeding, Samara State Agroecological Academy, 446442, Samara region, Ust'-Kinel'sky settlement, Uchebnaya st., 2, e-mail: titova_iv@mail.ru.

3. **Novikov Vladimir**, Candidate of technical sciences, professor of the department of Agricultural machines and mechanization of livestock breeding, Samara State Agroecological Academy, 446442, Samara region, Ust'-Kinel'sky settlement, Uchebnaya st., 2, e-mail: morskay6363@mail.ru.

4. **Konovalov Vladimir**, Doctor of technical sciences, professor of the Engineering technology department, Penza State Technological University, 440039, Penza, Baydukov/Gagarin Road, 1A/11, e-mail: konovalov-penza@rambler.ru.

The paper presents purpose equations describing the uneven mixing depending on the number of the mixer blade impacts per unit of concrete weight as well as the weight of the mixture that have an impact on blades of the slow-speed mixer. Based on the literature review and analysis of the mixing process conducted in the Samara State Agricultural Academy, the design of the blade mixer was developed. The mixer consists of a body where there is a horizontal shaft with working bodies, made in the form of radial blades of helical shape. There are received equations that allow determining the con-

crete uniformity depending on a number of the impacts of the mixer blades per unit of the concrete weight as well as on the concrete weight that act on the blades of the slow-speed mixer. The power function is adequately described by the experimental results of 98 % confidence probability. In the studied areas of changes in independent factors rational values of the number of impacts per unit of the concrete weight is not less than 800 PCs/kg, as well as the concrete weight having impact on the blade of the slow-speed mixer is not more than 0,001 kg/PC.

© Борисова М.В., Титов А.Ю., Новиков В.В., Коновалов В.В.

УДК 621.43

DOI: 10.31563/1684-7628-2019-51-3-99-106

А.В. Неговора, Р.Ж. Магафуров, А.И. Низамутдинов

ОБОСНОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ РАБОЧЕЙ ЖИДКОСТИ ПРИ ИСПЫТАНИИ ДИЗЕЛЬНЫХ ИНЖЕКТОРОВ

Ключевые слова: *испытание форсунок; топливная аппаратура; характеристика впрыска; термостабилизация; испытательный стенд.*

Введение. Известно, что температурный режим топливной аппаратуры, особенно электро-

гидроуправляемых форсунок (инжекторов) типа Common Rail, оказывает значительное влияние

на показатели топливopодaчи в целом вследствие изменения физических свойств рабочей жидкости [1, 2]. Поэтому при испытании форсунок или ТНВД представляется логичным создавать температурный режим, максимально приближенный к реальным условиям эксплуатации, что требует поддержания температуры измерительного устройства стенда в определенных пределах. Не все современные стенды, предназначенные для испытания топливной аппаратуры, имеют встроенную систему контроля температуры и термостабилизации. Стоит отметить, что в нормативной и технической документации нет четкого обоснования оптимальной температуры испытуемого агрегата или рабочей жидкости при испытании, в результате чего специалисты по ремонту топливной аппаратуры не уделяют должного внимания данному контрольному параметру тест-плана. Все это ведет к нарушению работы системы подачи топлива и снижению технико-экономических показателей работы автотракторной техники [3].

Целью исследования являлось повышение качества ремонта топливной аппаратуры дизелей путем обоснования рациональных допусков к температуре агрегата или рабочей жидкости при его испытании.

Условия, материалы и методы исследования. Данные, полученные при испытании топливной аппаратуры на обычных регулировочных стендах, позволяют оценить только усредненную цикловую подачу топлива, что не раскрывает возможные нарушения как единичных характеристик впрыскивания, так и их стабильность в процессе работы [4, 5]. В связи с этим для формирования исследовательской базы экспериментально полученных данных нами было разработано устройство для оценки характеристики впрыскивания [6, 7].

Устройство (рисунок 1) состоит из длинного трубопровода 9 заданной длины, программно логической интегральной схемы (ПЛИС) 11 и управляющего оборудования с гидродинамической системой 1 для создания высокого давления.

Рисунок 1

Принципиальная схема предлагаемого устройства: 1 – управляющее оборудование; 2 – топливопровод высокого давления; 3 – топливопровод обратного слива; 4 – датчик тока управляющего сигнала форсунки; 5 – датчик давления топлива в аккумуляторе; 6 – испытываемая форсунка; 7 – адаптер впрыска с датчиком давления; 8 – датчик температуры; 9 – трубопровод; 10 – адаптер слива с датчиком давления; 11 – программно-логическая интегральная схема; 12 – ресивер; 13 – клапан противодавления впрыску топлива; 14 – манометр; 15 – трубопровод низкого давления; 16 – расходомеры

Ресивер 12 служит для создания противодействия в трубопроводе 9 и позволяет снизить явление эффекта обратной волны. В начале и в конце трубопровода установлены два тензометрических датчика давления 7 и 10, которые связаны с ПЛИС для отображения изменения давления в определенных точках системы. Датчик давления топлива в аккумуляторе 5 необходим для определения изменения давления у штуцера инжектора в момент впрыска.

За основу разработанного устройства был принят метод оценки характеристик последовательных цикловых подач при впрыскивании топлива в длинный трубопровод [8]. Этот метод достаточно надежен, так как устройство не имеет подвижных и трущихся деталей, не содержит дорогостоящей прецизионной обработки, а главное – обеспечивает линейную зависимость влияния давления впрыскивания на расход топлива через сопла распылителя.

Рисунок 2

Схема устройства для оценки характеристик последовательных цикловых подач

Рисунок 3

Информационная модель рабочего процесса устройства

Информационная модель рабочего процесса разработанного устройства представляется как многопараметрическая система (рисунок 3), где физические свойства рабочей жидкости (температура среды, плотность и сжимаемость жидкости и др.) являются неуправляемыми параметрами (Н). В качестве управляемых параметров (У) определены величина цикловой подачи, частота и продолжительность впрыскивания. Корректировать рабочий процесс устройства можно путем изменения эффективного проходного сечения сливного клапана, длины и диаметра трубопровода, объема ресивера и др. (К).

Таким образом, можно утверждать, что итоговые показатели выходного вектора $Q(t)$ определенным образом зависят от параметров всех входящих факторов

$$Q = F\{H, Y, K\}, \quad (1)$$

где F – заданный в аналитической форме оператор преобразования характеристик входящих факторов.

При этом, если зафиксированная и математически описанная устройством характеристика впрыскивания $Q(t)$ соответствует фактической характеристике $Q_\phi(t)$ в пределах погрешности Δ , то можно считать, что устройство выдает действительную характеристику впрыскивания.

$$Q(t) = Q_\phi(t) \pm \Delta. \quad (2)$$

Ниже представлен общий вид собранной экспериментальной установки (рисунок 4). Стабильное высокое давление, необходимое для надежной работы гидродинамической системы устройства, обеспечивалось стендом для испытания форсунок топливных систем типа Common Rail модели BTC-101ME производства ООО «Башдизель» [9]. Стенд позволяет создать

стабильное давление в аккумуляторе в диапазоне до 220 МПа независимо от режима работы форсунки, оценить гидроплотность ее прецизионных деталей (Leak test) и измерить производительность форсунки путём подачи соответствующих сигналов управления.

онных деталей (Leak test) и измерить производительность форсунки путём подачи соответствующих сигналов управления.

Рисунок 4

Общий вид устройства для оценки характеристики впрыска: 1 – манометр избыточного давления; 2 – устройство противодействия впрыска топлива; 3 – ресивер; 4 – адаптер с тензометрическим датчиком давления; 5 – измерительный топливопровод; 6 – стойка; 7 – персональный компьютер; 8 – ПЛИС; 9 – операционный усилитель; 10 – адаптер впрыска; 11 – форсунка; 12 – датчик давления перед форсункой; 13 – диагностический стенд BTC-101ME; 14 – имитатор сигналов; 15 – датчик температуры

Перед началом испытания форсунки в меню управляющего оборудования устанавливается режим его работы, а именно: длительность управляющего сигнала форсунки t_{ms} , частота впрыскивания ν , давление топлива в аккумуляторе $P_{акк}$. Задаваемые и измеряемые показатели экспериментальной установки представлены в таблице 1.

Для поддержания заданной температуры тестируемой жидкости в ресивере установлен силиконо-керамический нагревательный элемент. Следует сказать, что таким нагревателям требу-

ется мало времени для нагрева и снижения температуры, при этом они могут поддерживать необходимую температуру рабочей жидкости посредством ПЛИС с обратной связью по датчику температуры.

При испытаниях температура технологической жидкости фиксировалась датчиком температуры, установленным в адаптер впрыска в трубке, навитой по спиральной траектории. С целью повышения достоверности полученных показаний посадочное место температурного датчика заполнено теплопроводящей пастой.

Предварительные испытания доказали работоспособность устройства. Установлено, что разработанное устройство позволяет достаточно точно зафиксировать характеристику и определить запаздывание начала впрыскивания от управляющего форсункой Common Rail сигнала и величину предварительного впрыскивания (рисунок 5). При проведении предварительных экспериментов для каждого значения частоты

впрыскивания, давления топлива в аккумуляторе и длительности управляющего импульса определялась величина цикловой подачи и площадь под кривой давления с первого датчика. По этим значениям вычислялся коэффициент пропорциональности, значение которого существенно изменялась, что связано как раз с большими колебаниями температурного режима установки.

Таблица 1 Параметры экспериментальной установки

Параметр		Тип переменной
Особенности рабочего процесса	<ul style="list-style-type: none"> Давление [МПа] Противодавление [МПа] Длительность сигнала [мс] Частота впрыскивания [мин⁻¹] Форма управляющего сигнала 	задаваемый
Способы оценки	<ul style="list-style-type: none"> Температура технологической жидкости [°C] Текущее и мгновенное давление в рампе [МПа] Текущее и мгновенное давление в адаптере впрыска [МПа] Текущее и мгновенное давление перед ресивером [МПа] Текущее потребление тока управления форсункой [А] Объем топлива форсункой за N циклов [мм³] Объем слива топлива от управляемой форсунки за N циклов [мм³] Время процесса [с] 	измеряемый

Рисунок 5

Характеристика основного и предварительного впрыскивания

Результаты исследований. Испытания проводились при величине цикловой подачи топлива, равной 30 мм³/ц, и противодавлении в системе, равном атмосферному давлению. Методика исследований по определению влияния температурного режима устройства на показатели работы форсунки подразумевает включение силиконо-керамического нагревательного элемента в циклическом режиме для равномерного нагрева устройства с шагом 5 °C.

Исходя из конструктивных особенностей устройства и опираясь на данные других исследователей [10, 11, 12], его нагрев ограничили температурой 70 °C, так как чрезмерный нагрев тестовой жидкости и топливной аппаратуры оказывает положительный эффект только в узкой области на частичных нагрузках и при температуре до 100 °C. Там же указано, что влияние температуры топлива на процесс топливоподачи не сильно выражено при рабочих давлениях в

линии нагнетания до 50 МПа, а это не актуально для современных топливоподающих систем. В случае, когда испытываются форсунки типа Common Rail, давление впрыскивания может достигать 250 МПа, поэтому пренебрегать термостабилизацией измерительного устройства недопустимо.

Полученные экспериментально данные позволили построить графические зависимости (рисунок 6) влияния температуры режима устройства на цикловую подачу топлива форсункой ди-

зеля. Анализ графиков показывает, что в диапазоне температур до 50 °С наблюдается существенное изменение площади под кривой давления, характеризующей цикловую подачу. При нагреве тестовой жидкости более 50 °С и площадь под кривой датчика давления, и скорость распространения волны давления стабилизируются. Подобный тренд имеют известные зависимости изменения сжимаемости топлива и его вязкости от температуры [13], что может быть взято за основу при исследовании подобного процесса.

а)

б)

Рисунок 6

Влияние температуры измерительного устройства на основные показатели датчика характеристики впрыскивания топлива: а) на площадь под кривой датчика давления; б) на скорость распространения волны давления

Вывод. Экспериментальные исследования подтвердили теоретические выводы о том, что с увеличением температуры тестовой жидкости и устройства скорость распространения волны давления в измерительном канале снижается. Это позволяет констатировать, что характер изменения в основном определяет вязкость дизельного топлива. Так при увеличении температуры с 25 до 50 °С скорость распространения волны давления снижается на 260 м/с и наблюдаются потери давления впрыскивания на 2,5 МПа. Минимальная скорость распространения волны давления зарегистрирована при тем-

пературе устройства около 60 °С, в данной точке также происходит выравнивание температуры корпуса устройства и технологической жидкости. Данное значение температуры можно обоснованно принять в качестве оптимального температурного режима устройства.

Проведенные испытания позволили выявить, что для получения достоверных показателей при диагностировании топливной аппаратуры дизелей необходимо стабильно поддерживать рабочую температуру устройства в диапазоне 60 ± 5 °С.

Библиографический список

1. Грехов, Л.В. Топливная аппаратура и системы управления дизелей [Текст]: учебник для вузов / Л.В. Грехов, Н.А. Иващенко, В.А. Марков. М.: Легион-Автодата, 2004. С. 344.
2. Астахов, И.В. Топливные системы и экономичность дизелей [Текст] / И.В. Астахов, Л.Н. Голубков, В.И. Трусов, А.С. Хачиян. М.: Машиностроение, 1990. 288 с.
3. Габитов, И.И. Обеспечение работоспособности топливоподающих систем дизелей путем индивидуальной корректировки базовых характеристик управления топливоподачей [Текст] / И.И. Габитов, А.В. Неговора // Российская сельскохозяйственная наука. 2016. № 4. С. 84–88.
4. Ягодин, Р.В. Расширение функциональных возможностей стендов для испытания топ-

ливной аппаратуры дизелей [Текст] / Р.В. Ягодин, А.Р. Валиев, А.А. Козеев // Труды ГОСНИТИ. 2008. Т. 102. С. 56–58.

5. Нигматуллин, Ш.Ф. Совершенствование методов и средств диагностирования топливной аппаратуры автотракторных и комбайновых дизелей [Текст]: дисс. ... канд. техн. наук / Ш.Ф. Нигматуллин. Уфа, 2002. 153 с.

6. Устройство для исследования подачи топлива топливopодающей аппаратурой в дизелях [Текст]: патент на изобретение № 2433299 / И.И. Габитов, А.В. Неговора, А.Г. Габбасов, А.Р. Валиев, А.Ф. Давлетов. Уфа: Башкирский ГАУ, НИЧ. Опубликовано 10.11.2011 г. Бюл. № 31.

7. Неговора, А.В. Специализированное устройство для исследования закона подачи топлива в системах питания дизелей [Текст] / А.В. Неговора, А.И. Низамутдинов, Р.Т. Хакимов // Техничко-технологические проблемы сервиса. 2014. № 3 (29). С. 11–13.

8. Patent № 1954938, F02 M65/00. Method and device for measuring the injection quantity and the injection rate of an injection valve for liquids. Robert Bosch GmbH, Stuttgart. Filed. 09.10.2006. Pub. 31.05.2007.

9. Козеев, А.А. Повышение эффективности диагностирования электрогидроуправляемых форсунок [Текст] / А.А. Козеев, Ш.Ф. Нигматуллин // Аграрный научный журнал. 2016. № 2. С. 50–54.

10. Gabitov I.I., Insafuddinov S.Z., Akhmetov A.F., Kharisov D.D., Safin F.R. Diagnostics and regulation of fuel equipment of diesels on stands with injection to medium with counter-pressure. J. of Engineering and Applied Sciences. 2018. T. 13. № S11. С. 8782–8788.

11. Gabitov I.I., Saifullin R.N., Farhshatov M.N., Negovora A.V., Mudarisov S.G. Hardening of electrohydraulic injectors valve units of diesels at repair. J. of Engineering and Applied Sciences. 2018. T. 13. № S8. С. 6478–6486.

12. Olshevskiy S.N., Dobrolyubov I.P., Klimenko D.N., Orekhov A.K., Borisov A.A. A new method of power system diagnostics for mobile equipment. International Siberian Conference on Control and Communications, SIBCON 2016. Proceedings 2016. P. 749–802.

13. Файнлейб, Б.Н. Топливная аппаратура автотракторных дизелей [Текст] / Б.Н. Файнлейб. Л.: Машиностроение, 1990. С. 352.

Сведения об авторах

1. **Неговора Андрей Владимирович**, доктор технических наук, профессор кафедры автомобилей и машинно-тракторных комплексов, ФГБОУ ВО Башкирский ГАУ, г. Уфа, тел.: (347) 241-68-33, e-mail: negovora@bsau.ru.

2. **Магафуров Руслан Жамилевич**, старший преподаватель кафедры автомобилей и машинно-тракторных комплексов, ФГБОУ ВО Башкирский ГАУ, г. Уфа, e-mail: magafuroffruslan@yandex.ru.

3. **Низамутдинов Алмаз Ильдарович**, инженер, г. Уфа, e-mail: almaz_nizamutdinov90@mail.ru.

В данной статье обоснованы допустимые пределы температуры рабочей жидкости при испытании топливной аппаратуры дизелей. В нормативной и технической документации не указана оптимальная температура рабочей жидкости при испытании. Результаты подтверждаются экспериментальными данными, полученными на разработанном авторами устройстве для оценки характеристики впрыскивания. За основу разработанного устройства был принят

метод впрыскивания топлива в длинный трубопровод. Проведенные испытания позволили раскрыть влияние температуры топлива на показатели работы топливной аппаратуры дизелей и доказать, что для получения достоверных показателей при диагностировании топливной аппаратуры дизелей необходимо стабильно поддерживать рабочую температуру устройства в диапазоне 60 ± 5 °C.

A. Negovora, R. Magafurov, A. Nizamutdinov

SUBSTANTIATION OF THE WORKING FLUID TEMPERATURE WHEN TESTING DIESEL INJECTORS

Key words: test of injector nozzles; fuel equipment; characteristic of injection; thermal stabilization; test bench.

Authors' personal details

1. **Negovora Andrey**, Doctor of Engineering Science, Professor, Department of the Cars and Tractor Systems, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Bashkir State Agrarian University», Ufa, phone: (347) 241-68-33, e-mail: negovora@bsau.ru.
2. **Magafurov Ruslan**, senior lecturer, Department of Cars and Tractor Systems, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Bashkir State Agrarian University», Ufa, Russia, e-mail: magafuroffruslan@yandex.ru.
3. **Nizamutdinov Almaz**, engineer, Ufa, Russia, e-mail: almaz_nizamutdinov90@mail.ru.

This paper substantiates the permissible temperature limits of the working fluid when testing diesel fuel equipment. The normative and technical documentation does not indicate the optimum temperature of the working fluid during the test. The results are confirmed by experimental data obtained on a device developed by the authors for evaluating the injection characteristics. The developed device was

based on the method of fuel injection into a long pipeline. The tests revealed the effect of fuel temperature on the performance of diesel fuel equipment. Also, the tests proved that in order to obtain reliable indicators when diagnosing diesel fuel equipment it is necessary to stably maintain the operating temperature of the device in the range of 60 ± 5 °C.

© Неговора А.В., Магафуров Р.Ж., Низамутдинов А.И.

УДК 519.816:004.89

DOI: 10.31563/1684-7628-2019-51-3-106-114

И.Р. Кафиев, П.С. Романов, И.П. Романова, Р.Р. Галиуллин

МЕТОДИКА РАСПОЗНАВАНИЯ НЕЧЕТКИХ СИТУАЦИЙ ПРИ УПРАВЛЕНИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫМИ МОБИЛЬНЫМИ РОБОТАМИ

Ключевые слова: *мобильный робот; сельское хозяйство; распознавание ситуаций; нечеткая ситуация; ситуационное управление.*

Введение. Сегодня с помощью мобильных роботов в сельском хозяйстве решается ряд задач: вождение тракторов, комбайнов и другой сельхозтехники; подготовка почвы в теплицах, высев семян, опрыскивание химикатами, сбор готовой продукции (рассады, овощей, фруктов), ее сортировка и укладка в тару; разгрузка, погрузка, хранение и распределение сельхозпродукции на складах, в хранилищах и других пунктах агропромышленной логистики [1, 2].

Обычно это интеллектуальные роботы (ИР) с автономной системой навигации и передвижения, действующие в неопределенной окружающей обстановке, с управлением от оператора. В ИР технологии искусственного интеллекта (ИИ) применяют не только в системах управления (для управления собственно роботами), но и для выполнения других задач, таких как обработка сенсорной информации, формирование моделей внешней среды, оценка ситуаций и принятие решений, диалог с оператором [1, 3–7].

Планирование поведения мобильных ИР состоит из этапов: выбор стратегии исполнения задачи; формирование совокупности действий; оперативная корректировка поведения с учетом изменений окружающей обстановки. Предложенная в [7] интеллектуальная система управления (ИСУ) мобильным роботом (МР) учитывает последовательные этапы своего поведения: наблюдение (восприятие), оценивание, принятие решений, управление роботом, прогнозирование дальнейшего поведения, самообучение, которые предполагают различные уровни реализации: от простейших сенсомоторных реакций системы до качественных оценок на основе «здорового смысла».

Надо отметить, что хотя при описании модели многоуровневой ИСУ мобильным роботом больше обсуждалось оптимальное управление движением робота, но модель также призвана решать все задачи, стоящие и возникающие перед ИСУ по управлению мобильным роботом и