

kp.ru/daily/27465/4670789 (data obrashcheniia 04.03.2024).

2. Traktory Lovol, instruktsiia po ekspluatatsii [Elektronnyi resurs] // URL: <https://lovol.com> (data obrashcheniia 04.03.2024).

3. Traktory Agroapollo, instruktsiia po ekspluatatsii [Elektronnyi resurs] // URL: <https://agroapollo.ru> (data obrashcheniia 04.03.2024).

4. GOST 27021-86. Traktory sel'skokhoziaistvennye i lesokhoziaistvennye. Tiagovye klassy = Agricultural and forestry tractors. Moskva: IPK Izdatelstvo standartov, 1986. – 14 s.

5. GOST 18509-88. Dizeli traktornye i kombainovye. Metody stendovykh ispytaniy = Tractor and combine diesels. Bench testing methods. Moskva: IPK Izdatelstvo standartov, 1988. – 70 s.

6. Kutkov, G.M. Ballastirovanie traktorov / G.M. Kutkov, I.V. Gribov, N.V. Perevozchikova // Traktory i sel'khoz mashiny. – 2017. T. 84, No. 9. – S. 52-60.

7. Potentsialnye vozmozhnosti povysheniia tekhnologicheskogo urovnia kolesnykh traktorov vysokoi moshchnosti / Selivanov N.I. [i dr.] //

Traktory i sel'khoz mashiny. 2023. T. 90, No. 4. S. 351–359.

8. Makeeva, Iu.N.: spetsialnost 05.20.01 «Tekhnologii i sredstva mekhanizatsii sel'skogo khoziaistva»: avtoreferat na soiskanie kandidata tekhnicheskikh nauk / Makeeva, Iu.N.; Altaiskii gosudarstvennyi tekhnicheskii universitet im. I.I. Polzunova. – Barnaul, 2017. – 18 s.

9. Selivanov, I.I. Tekhnologicheskii uroven kolesnykh traktorov raznoi komplektatsii / I.I. Selivanov, S.V. Grishchenko // Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2024. – No. 2. – S. 106-112.

10. Selivanov, N.I. Tekhnologicheskie svoistva kolesnykh traktorov: uchebnoe posobie. – Krasnoarsk: KrasGAU, 2019. – 308 s. [Elektron. resurs] // Lan: elektronno-bibliotchnaia sistema. – Rezhim dostupa: <https://e.lanbook.com/book/149612>. (data obrashcheniia 04.03.2024).

11. GOST 30750-2001. Traktory sel'skokhoziaistvennye. Opredelenie polozheniia tsentra tiazhesti = Agricultural tractors. Determining the position of the center of gravity. Moskva: IPK Izdatelstvo standartov, 2002. – 6 s.



УДК 621.43.038

DOI: 10.53083/1996-4277-2024-239-9-84-90

Ф.Р. Сафин, Р.М. Баширов, Р.Ж. Магафуров
F.R. Safin, R.M. Bashirov, R.Zh. Magafurov

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ И РЕГУЛИРОВАНИЯ ТОПЛИВНОЙ АППАРАТУРЫ АВТОТРАКТОРНЫХ ДИЗЕЛЕЙ

COMPARATIVE ANALYSIS OF METHODS FOR DIAGNOSING AND REGULATING FUEL EQUIPMENT OF AUTOMOBILE AND TRACTOR DIESEL ENGINES

Ключевые слова: дизель, аппаратура топливная, расход топлива, противодавление, метод оперативный, испытания полевые.

Практика показывает, что в большинстве случаев основной причиной неисправностей дизелей оказывается разрегулировка их топливной аппаратуры. В «полевых» условиях это невозможно выявить из-за отсутствия необходимых для диагностирования топливной аппаратуры простых устройств. Другим серьезным недостатком действующего стационарного метода диагностирования и регулирования топливной аппаратуры является существенное отличие условий регулировки от условий её работы на дизеле. Усовершенствованный оперативный метод регулирования топливной аппаратуры предложен БГАУ, основанный на использовании самого дизеля в качестве регулировочного стен-

да при работе его на части цилиндров с пропуском впрысков топлива. При этом, в отличие от известных методов, дизель работает не только на номинальных оборотах, но и на номинальных подачах топлива, а секции топливной аппаратуры неработающих цилиндров регулируются без демонтажа с дизеля. Сохранность отрегулированных значений цикловых подач секций топливной аппаратуры и равномерности топливоподачи при работе на дизеле обеспечивается регулировкой с собственными топливопроводами и форсунками, использованием топлива, подогретого работающим дизелем, и созданием противодавления, близкого к цилиндрическому. Благодаря всему этому метод оказывается оперативным, а условия регулирования топливной аппаратуры близкими к таковым при работе её на дизеле. Не менее важно и то, что на холостом ходу дизеля достигается такие же качества смесеобразова-

ния и сгорания топлива, что и на номинальном режиме работы, в итоге, появляется возможность вычисления механического КПД дизеля по часовым расходам топлива.

Keywords: *diesel, fuel equipment, fuel consumption, back pressure, operational method, field tests.*

Practice shows that in most cases the main cause of diesel engine malfunctions is misadjusted fuel equipment. Under "field" conditions this cannot be detected due to the lack of simple devices necessary for diagnosing fuel equipment. Another serious drawback of the current stationary method of diagnosing and regulating fuel equipment is the significant difference between the adjustment conditions and the conditions for its operation on a diesel engine. An improved operational method for fuel equipment adjustment was proposed by the Bashkir State Agricultural University. It is based on using the diesel engine itself as an adjustment stand when operating it on part of the

cylinders with missed fuel injections. At the same time, in contrast to the known methods, the diesel engine operates not only at nominal speeds, but also at nominal fuel supplies, and sections of the fuel equipment of non-working cylinders are adjusted without removing them from the diesel engine. The preservation of the adjusted values of the cyclic feeds of the sections of the fuel equipment and the uniformity of the fuel supply when operating on a diesel engine is ensured by adjustment with its own fuel lines and injectors, the use of fuel heated by the operating diesel engine, and the creation of back pressure close to that of the cylinder. Due to all this, the method turns out to be an efficient one, and the conditions for the fuel equipment adjustment are close to those when operating it on a diesel engine. It is equally important that at idle speed of a diesel engine, the same qualities of mixture formation and fuel combustion are achieved as in the nominal operating mode and, as a result, it becomes possible to calculate the mechanical efficiency of a diesel engine based on hourly fuel consumption.

Сафин Филюс Раисович, д.т.н., доцент, ФГБОУ ВО Башкирский ГАУ, г. Уфа, Российская Федерация, e-mail: films02@mail.ru.

Баширов Радик Минниханович, д.т.н., профессор, г. Уфа, Российская Федерация, e-mail: films02@mail.ru.

Магафуров Руслан Жамилевич, к.т.н., ФГБОУ ВО Башкирский ГАУ, г. Уфа, Российская Федерация, e-mail: bison-m79@mail.ru.

Safin Filyus Raisovich, Dr. Tech. Sci., Assoc. Prof., Bashkir State Agricultural University, Ufa, Russian Federation, e-mail: films02@mail.ru.

Bashirov Radik Minnikhanovich, Dr. Tech. Sci., Prof., Ufa, Russian Federation, e-mail: films02@mail.ru.

Magafurov Ruslan Zhamilevich, Cand. Tech. Sci., Bashkir State Agricultural University, Ufa, Russian Federation, e-mail: bison-m79@mail.ru.

Введение

По мере эксплуатации автотракторных дизельных двигателей (далее дизелей) ухудшается их техническое состояние из-за износа деталей и нарушения регулировочных параметров систем и механизмов. Это увеличивает внутренние потери энергии в самом дизеле и снижает его мощность и топливную экономичность [1, 2]. Восстанавливают техническое состояние дизелей по результатам диагностирования при технических обслуживаниях [3-5].

Практика показывает, что в большинстве случаев причиной неисправностей дизелей оказывается разрегулировка их топливной аппаратуры (ТА) [6]. В «полевых» условиях это невозможно выявить из-за отсутствия необходимых для диагностирования ТА простых устройств (стендов), поэтому все работы проводятся в стационарных условиях со снятием ТА с дизеля, что сопряжено с большими затратами времени и средств.

Другим серьезным недостатком стационарного метода диагностирования и регулирования ТА является существенное отличие условий регулирования от условий её работы на дизеле – регулирование проводится с впрыском топлива

в среду с противодавлением, близким к атмосферному, использованием топлива температурой 20°C и стендовых топливопроводов и форсунок. На дизеле же впрыск происходит в цилиндры, давление газов в которых намного превышает атмосферное, температура топлива оказывается существенно выше из-за подогрева работающим дизелем и используются собственные (отличающиеся по гидравлическим характеристикам от стендовых) топливопроводы и форсунки [7]. Из-за такого несоответствия отрегулированные на стенде параметры топливоподачи при работе дизеля в реальных условиях эксплуатации не сохраняются и не достигаются его технико-экономические показатели. Например, у исследованного нами ранее дизеля Д-245.12 удельный расход топлива при такой регулировке оказывается выше возможного на 6,5 г/кВт·ч [8], поэтому совершенствование методов диагностирования и восстановления технического состояния ТА дизелей представляется одним из направлений дальнейшего повышения эффективности их работы.

В Башкирском ГАУ (БГАУ) был разработан новый оперативный метод диагностирования и регулирования ТА (по патенту № 2668589 [9]). В

связи с этим возникает практический интерес сравнительного его анализа с известным стационарным методом.

Цель исследования – сравнительный анализ эффективности диагностирования и регулирования ТА дизелей стационарным и предложенным в БГАУ оперативным методами.

Экспериментальная часть

Исследования проводились на дизеле Д-145ТВ с турбонадувом (номинальной мощностью 62,5 кВт при частоте вращения 2100 мин.⁻¹) и пахотном машинно-тракторном агрегате (МТА) на базе колесного трактора Агромаш 85ТК (тягового класса 1,4) и навесного плуга ПЛН-3-35. Использованный в дизеле ТНВД распределительного типа серии НД не допускает регулирование ТА на интересующую нас межсекционную равномерность топливоподачи, поэтому он был заменен на рядный УТНМ. Методика и план испытаний соответствовали требованиям ГОСТ 52777-2007 и 7057-2001.

Моторные испытания дизеля проводились без снятия его с трактора с использованием обкаточно-тормозного стенда КИ-4935 ГОСНИТИ. К стенду дизель подключался через вал отбора мощности трактора. Подготовка к полевым испытаниям заключалась в проверке работоспособности МТА (навесного плуга, и узлов и систем трактора).

Полевые испытания МТА проводились с использованием системы спутникового мониторинга «АвтоГРАФ», на пахоте глубиной 23 см. Средняя длина гона составляла 270 м. Тип почвы: средний суглинок темно-серый лесной с агрофоном пласта многолетних трав. Для контроля расхода топлива применялся датчик уровня топлива TKLS-L производства ГК «ТехноКом».

Результаты и обсуждение

Предложенный в БГАУ оперативный метод основан на использовании самого дизеля в качестве регулировочного стенда при работе его на части цилиндров с пропуском впрысков топлива. В отличие от известных методов, дизель работает не только на номинальных оборотах, но и на номинальных подачах топлива. При этом секции ТА неработающих цилиндров регулируются (сняв их форсунки и заглушив отверстия в головке цилиндров) без демонтажа с дизеля.

Регулирование ТА на дизеле обеспечивает сохранность отрегулированных значений цикловых подач секций ТА и равномерность топливоподачи за счет использования собственных топливопроводов и форсунок и топлива, подогретого работающим дизелем. При этом необходимым оказывается лишь создание противодействия, близкого к цилиндровому. Благодаря всему этому метод оказывается оперативным, а условия регулирования ТА близкими к таковому при работе её на дизеле.

Не менее важно и то, что при предложенном методе на холостом ходу дизеля достигаются такие же качества смесеобразования и сгорания топлива, что и на номинальном режиме работы. В итоге, появляется возможность вычисления механического КПД дизеля по отношению числа пропущенных впрысков топлива на холостом ходу (определяемого экспериментально) и полного количества впрысков на номинальном режиме работы (расчетно).

Число работающих цилиндров i_{xx} на холостом ходу зависит от механического КПД η_m дизеля:

$$i_{xx} = (1 - \eta_m) \cdot i.$$

У четырехцилиндрового дизеля с механическим КПД, например, $\eta_m = 0,7$, по этой формуле получается, что $i_{xx} = 1,2$, т.е. холостые номинальные обороты обеспечиваются при работе на двух цилиндрах: одного (целое число) без пропуска впрысков и другого с впрысками 0,2 части. Реальное количество пропускаемых впрысков, соответствующее номинальным оборотам холостого хода, определяется при испытаниях. Таким образом, получается, что необходимыми устройствами при этом методе оказываются устройство пропуска впрысков (УПВ) и камера противодействия впрыскам (КПВ).

В качестве УПВ могут использоваться перепускные клапаны, встраиваемые в линию высокого давления, и пропускающие впрыски соединением её с линией низкого давления. При наших экспериментах использовался электрогидроуправляемый клапан типа SPILL VALVE. В качестве КПВ может использоваться предложенная конструкция гидромеханического аккумулятора, в котором противодействие впрыскам создается самим впрыскиваемым топливом (рис.).

Функцию гидравлического аккумулятора в предложенном КПВ выполняет внутренний заполненный топливом объем, а механического – подпружиненный клапан-плунжер 4, одновре-

менно выполняющий и функцию разгрузки после впрыска до остаточного давления (выжимая при

посадке топливо через зазор между отсасывающим пояском и гнездом).

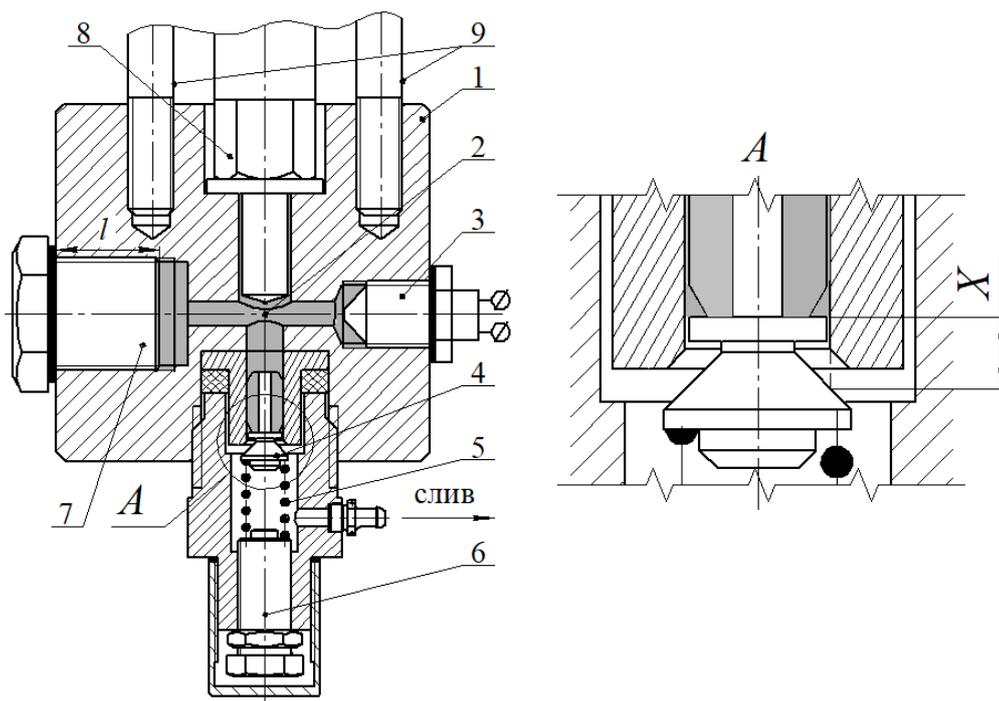


Рис. Схема КПВ:

- 1 – корпус; 2 – камера впрыска; 3 – датчик давления; 4, 5 – клапан-плунжер и его пружина;
- 6 – регулировочный винт; 7 и l – шток-вытеснитель (сменный) и его длина;
- 8, 9 – форсунка и шпильки для её крепления; X – аккумулирующий ход клапана-плунжера

Изменение объема гидравлического аккумулятора (сменой штока-вытеснителя 7) и предварительного затяга пружины 5 позволяет корректировать противодействие и остаточное давление в КПВ.

Зависимость межсекционной неравномерности топливоподачи от топливопроводов и форсунок изучена достаточно полно. По этой причине изучалось влияние противодействия впрыскам на межсекционную неравномерность топливоподачи. Результаты исследования представлены в таблице 1.

Таблица 1

Показатели работы ТА дизеля Д-145ТВ при регулировании её по методу БГАУ

Частота вращения коленчатого вала дизеля, мин. ⁻¹	Цикловая подача по секциям ТА, мм ³				Средняя цикловая подача, мм ³	Межсекционная неравномерность топливоподачи, %
	I	II	III	IV		
Регулировка без противодействия впрыскам						
2100	75	75	75	75	75,00	0,00
1900	77	78	77	80	78,00	3,82
1700	79	79	81	84	80,75	6,13
1500	82	83	83	89	84,25	8,19
1300	84	85	86	95	87,50	12,29
Регулировка с противодействием впрыскам						
2100	72	72	72	72	72,00	0,00
1900	75	75	75	76	75,25	1,32
1700	77	79	78	79	78,25	2,56
1500	79	82	81	82	81,00	3,73
1300	82	84	83	86	83,75	4,76

Экспериментами выявлено, что холостые номинальные обороты при регулировании ТА без противодействия впрыскам обеспечивались при всех 1050 впрысках за 1 мин. в один цилиндр и 105 впрысках во второй (т.е. реализации 9 пропусков из выбранного диапазона 10). Механический КПД при этом составил $\eta_m = 0,725$. Проводилось на цикловую подачу $75 \text{ мм}^3/\text{цикл}$.

На втором этапе секции ТА менялись места, и операции повторялись. Оказалось, что холостые номинальные обороты здесь достигались при 95 впрысках в цилиндр, работающий с

пропуском, а механический КПД составил $\eta_m = 0,727$. Среднее значение механического КПД оказалось равным $\eta_{m.ср.} = 0,726$.

Далее ТА регулировалась с противодействием впрыскам топлива на пониженную цикловую подачу. Среднее значение механического КПД при этом стало $\eta_{m.ср.} = 0,737$, т.е. возросло на 0,011. Это объясняется, как следует из таблицы 1, повышением равномерности топливоподачи на 7,5%.

Результаты моторных испытаний дизеля представлены в таблице 2.

Таблица 2

Основные показатели работы дизеля Д-145ТВ

$n, \text{ мин.}^{-1}$	$N_e, \text{ кВт}$	$M_{кр}, \text{ Н·м}$	$G_c, \text{ кг/ч}$	$g_e, \text{ г/кВт·ч}$
ТА отрегулирована без противодействия впрыскам				
2100	59	268,3	15,11	256,1
1900	57	286,5	14,24	249,8
1700	54	303,4	13,39	248,0
1500	51	324,7	12,25	240,2
1300	48	352,6	11,33	236,0
ТА отрегулирована с противодействием впрыскам				
2100	62	282,0	15,09	243,4
1900	60	301,6	14,23	237,2
1700	57	320,2	13,36	234,4
1500	53	337,4	12,21	230,4
1300	50	367,3	11,29	225,8

Примечание. n – частота вращения, $M_{кр}$ – крутящий момент; N – эффективная мощность, G_c – часовой расход топлива; g_e – удельный расход топлива.

Как следует из данных таблицы 2, регулирование с противодействием впрыскам практически не влияло на часовые расходы топлива, но увеличило крутящий момент (на номинальном режиме на $13,7 \text{ Н·м}$) и мощность двигателя (на 3 кВт). В связи с этим удельный расход топлива снизился на $12,7 \text{ г/кВт·ч}$ (5,0%). Объяснить это можно тем, что противодействие действительно позволяет сохранить отрегулированные цикловые подачи при работе на дизеле.

Дизель МТА при полевых испытаниях работал в основном в зоне номинальных показателей работы ($1950\text{-}2100 \text{ мин.}^{-1}$). Действительная скорость агрегата также варьировалась в допустимых пределах $6\text{-}8 \text{ км/ч}$.

Средний часовой расход топлива при регулировке без противодействия впрыскам составил $15,24 \text{ кг/ч}$, а с противодействием снизился до $14,17 \text{ кг/ч}$, т.е. на 7%. Это свидетельствует о том, что противодействие положительно влияет на экономичность работы дизеля и при работе

его в реальных условиях эксплуатации на переменных нагрузках.

Выводы

1 Обнаружено повышение эффективности диагностирования и упрощение процедуры регулирования ТА дизелей оперативным методом БГАУ, по сравнению со стационарным методом.

2. Высокая оперативность и объективность диагностирования методом БГАУ обеспечиваются отсутствием в нем операций снятия/установки дизеля и ТА с машины на стенды и обратно, а также использованием пропусков впрыска топлива при работе дизеля на номинальных оборотах и номинальной цикловой подаче топлива.

3. Сохранение оптимальных регулировок в методе БГАУ обеспечивается максимальным приближением условий его регулирования к реальным условиям работы дизеля в МТА (использование собственных форсунок, топливо-

проводов, впрыск топлива в камеру с противодавлением, близким к цилиндровому, топлива, подогретого работающим дизелем и пр.).

4. Метод БГАУ характеризуется простым аппаратным оформлением (отсутствуют сложные стационарные регулировочные стенды ТА, используется оригинальное простое устройство пропуска впрысков и камера противодавления впрыскам).

Библиографический список

1. Разработка алгоритма поиска неисправностей при удаленной диагностике / В. Н. Щукина, С. Н. Девянин, С. П. Казанцев, Н. В. Перевозчикова. – Текст: непосредственный // *Агроинженерия*. – 2022. – Т. 24, № 6. – С. 20-24.

2. Оценка фактического расхода ГСМ при эксплуатации машинно-тракторного парка / А. В. Игнатов, Е. Е. Демин, В. В. Чекарев, А. В. Марусин. – Текст: непосредственный // *Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П. А. Костычева*. – 2023. – Т. 15, № 4. – С. 128-133.

3. Основные направления снижения трудоемкости технического обслуживания автотракторной техники / Е. И. Кубеев, С. В. Панов, Д. Б. Гейвандов [и др.]. – Текст: непосредственный // *Известия Международной академии аграрного образования*. – 2018. – № 38. – С. 9-13.

4. Габитов, И. И. Передовые технологии технического обслуживания и ремонта топливной аппаратуры дизелей / И. И. Габитов, А. В. Неговора – Текст: непосредственный // *Вестник Башкирского государственного аграрного университета*. – 2015. – № 3 (35). – С. 40-44.

5. Гриценко, А. В. Оптимизация процесса диагностирования автотракторной техники минимизацией затрат / А. В. Гриценко, А. М. Плаксин. – Текст: непосредственный // *Вестник Челябинской государственной агроинженерной академии*. – 2013. – Т. 63. – С. 42-46.

6. Gritsenko, A.V., Shepelev, V., Grakov, F., et al. (2022). Environmental control of the technical condition of electromagnetic nozzles of internal combustion engines. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 1061. 012034. DOI: 10.1088/1755-1315/1061/1/012034.

7. Gabitov I., Insafuddinov S., Kharisov D., et al. (2018). Diagnostics and Regulation of Fuel Equipment of Diesels on Stands with Injection to Medium with Counter-Pressure. *Journal of Engineering and Applied Sciences*. 13 (S11): 8782–

8788. <https://doi.org/10.3923/jeasci.2018.8782.8788>.

8. Баширов, Р. М. Совершенствование способа регулирования топливной аппаратуры дизелей / Р. М. Баширов, Ф. Р. Сафин, Р. Ж. Магафуров. – Текст: непосредственный // *Вестник Алтайского государственного аграрного университета*. – 2017. – № 6 (152). – С. 158-163.

9. Патент RU 2668589 C1 F02M 65/00. Способ диагностирования и регулирования дизельной топливной аппаратуры на двигателе: № 2018103579: заявл. 30.01.2018: опублик. 02.10.2018 / Баширов Р. М., Сафин Ф. Р., Магафуров Р. Ж., Юльбердин Р. Р., Туктаров М. Ф.; заявитель, патентообладатель Башкирский гос. аграр. ун-т. – 9 с. – Текст: непосредственный.

References

1. Razrabotka algoritma poiska neispravnostei pri udalenoj diagnostike / V.N. Shchukina, S.N. Devianin, S.P. Kazantsev, N.V. Perevozchikova // *Agroinzheneriia*. – 2022. – Т. 24. – No. 6. – S. 20-24.

2. Otsenka fakticheskogo raskhoda GSM pri ekspluatatsii mashinno-traktornogo parka / A.V. Ignatov, E.E. Demin, V.V. Chekmarev, A.V. Marusin // *Vestnik Riazanskogo gosudarstvennogo agrotekhnologicheskogo universiteta im. P.A. Kostycheva*. – 2023. – Т. 15. – No. 4. – S. 128-133.

3. Osnovnye napravleniia snizheniia trudoemkosti tekhnicheskogo obsluzhivaniia avtotraktornoi tekhniki / E.I. Kubeev, S.V. Panov, D.B. Geivandov, M.A. Shishkin, R.T. Khakimov // *Izvestiia Mezhdunarodnoi akademii agrarnogo obrazovaniia*. – 2018. – No. 38. – S. 9-13.

4. Gabitov, I.I. Peredovye tekhnologii tekhnicheskogo obsluzhivaniia i remonta toplivnoi apparatury dizelei / I.I. Gabitov, A.V. Negovora // *Vestnik Bashkirskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. – 2015. – No. 3 (35). – S. 40-44.

5. Gritsenko, A.V. Optimizatsiia protsessa diagnostirovaniia avtotraktornoi tekhniki minimizatsiei zatrat / A.V. Gritsenko, A.M. Plaksin // *Vestnik Cheliabinskoi gosudarstvennoi agroinzhenernoi akademii*. – 2013. – Т. 63. – S. 42-46.

6. Gritsenko, A.V., Shepelev, V., Grakov, F., et al. (2022). Environmental control of the technical condition of electromagnetic nozzles of internal combustion engines. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 1061. 012034. DOI: 10.1088/1755-1315/1061/1/012034.

7. Gabitov I., Insafuddinov S., Kharisov D., et al. (2018). Diagnostics and Regulation of Fuel Equipment of Diesels on Stands with Injection to Medium with Counter-Pressure. *Journal of Engineering and Applied Sciences*. 13 (S11): 8782–8788. <https://doi.org/10.3923/jeasci.2018.8782.8788>.

8. Bashirov, R.M. Sovershenstvovanie sposoba regulirovaniia toplivnoi apparatury dizelei / R.M. Bashirov, F.R. Safin, R.Zh. Magafurov // Vest-

nik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2017. – No. 6 (152). – S. 158-163.

9. Patent RU 2668589 C1 F02M 65/00. Sposob diagnostirovaniia i regulirovaniia dizelnoi toplivnoi apparatury na dvigatele: No. 2018103579: zaiavl. 30.01.2018: opubl. 02.10.2018 / Bashirov R.M., Safin F.R., Magafurov R.Zh., Iulberdin R.R., Tuktarov M.F.; zaiavitel, patentoobladatel Bashkirkii gos. agrar. un-t. – 9 s.



УДК 662.917

DOI: 10.53083/1996-4277-2024-239-9-90-97

И.Ю. Шелехов, И.В. Алтухов, В.Д. Очиров
I.Yu. Shelekhov, I.V. Altukhov, V.D. Ochirov

МЕРОПРИЯТИЯ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ ИНДИВИДУАЛЬНОГО ОБОГРЕВА РАБОТНИКОВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

MEASURES TO ENSURE INDIVIDUAL HEATING FOR WORKERS AT AGRICULTURAL ENTERPRISES

Ключевые слова: *комфорт, условия труда, электронагрев, распределенный греющий слой, карбон, толстопленочная технология, индивидуальный обогрев.*

Предприятия сельскохозяйственного назначения отличаются от других предприятий тем, что основные условия комфорта обеспечиваются не обслуживающему персоналу, а определяются назначением этого предприятия. На животноводческих предприятиях обеспечивают благоприятный микроклимат животным, а на птицефабриках – птицам. Для создания благоприятных условий работникам необходимо разрабатывать дополнительные мероприятия, но при этом необходимо учитывать их материальное благосостояние. Целью является разработка мероприятий по обеспечению индивидуального обогрева работников сельскохозяйственных предприятий. Для проведения экспериментов изготовлен нагревательный элемент на полиэтилентерефталатной подложке с неравномерной удельной мощностью, которая равномерно изменяется от величины 120 до 70 Вт/м² с коэффициентом термического сопротивления, равным $4 \cdot 10^{-3}$ 1/°С. Нагреватель был изготовлен по технологии «сетко-трафаретная печать» с использованием карбоновой пасты. Для обеспечения герметичности нагревательный элемент был защищен с обеих сторон ламинационной плёнкой и декоративным покрытием: с одной стороны натуральной кожей, а с другой – алюминиевой фольгой, чтобы улучшить равномерность нагрева. Испытания стелек с подогревом проводились в неотапливаемом помещении с бетонным полом, температура в котором находилась в диа-

пазоне от 0 до 15°С. Для указанного диапазона температур через каждые 5°С получены графики изменения средней температуры ступни в течение рабочего дня при выполнении человеком легкого и тяжелого типа работ. Проведенные исследования показали, что разработанные стельки с подогревом создают более благоприятные тепловые ощущения людям по сравнению с ближайшими аналогами, при этом они менее энергозатратны и не требуют дополнительных регулирующих устройств.

Keywords: *comfort, working conditions, electric heating, distributed heating layer, carbon, thick film technology, individual heating.*

Agricultural enterprises differ from other enterprises in that the basic conditions of comfort are not provided to the service personnel, but they are determined by the purpose of this enterprise. Livestock farms provide a favorable microclimate for animals, and poultry farms provide a favorable microclimate for birds. It is necessary to develop additional measures to create favorable conditions for workers but at the same time it is necessary to take into account their material well-being. The goal is to develop the measures to ensure individual heating of agricultural workers. To carry out the experiments, a heating element was made on a polyethylene terephthalate base with uneven specific power that varied uniformly from 120 W m² to 70 W m² with a thermal resistance coefficient equal to $4 \cdot 10^{-3}$ 1/°C. The heater was made by “grid-screen printing” technology using carbon paste. To ensure tightness, the heating element was protected on both sides with a lamina-