

# ТЕХНОЛОГИИ, СРЕДСТВА МЕХАНИЗАЦИИ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

DOI

УДК 62-65

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЦИОНАЛЬНОГО СПОСОБА ПОДОГРЕВА СМЕСЕВЫХ МИНЕРАЛЬНО-РАСТИТЕЛЬНЫХ ТОПЛИВ ДЛЯ АВТОТРАКТОРНЫХ ДИЗЕЛЕЙ

**Володько Олег Станиславович**, канд. техн. наук, доцент, зав. кафедрой «Тракторы и автомобили», ФГБОУ ВО Самарский ГАУ.

446442, Самарская область, п.г.т. Усть-Кинельский, ул. Учебная, 2.

E-mail: tia\_sci\_ssaa@mail.ru

**Быченин Александр Павлович**, канд. техн. наук, доцент кафедры «Тракторы и автомобили», ФГБОУ ВО Самарский ГАУ.

446442, Самарская область, п.г.т. Усть-Кинельский, ул. Учебная, 2.

E-mail: tia\_sci\_ssaa@mail.ru

**Черников Олег Николаевич**, канд. техн. наук, доцент кафедры «Тракторы и автомобили» ФГБОУ ВО Самарский ГАУ.

446442, Самарская область, п.г.т. Усть-Кинельский, ул. Учебная, 2.

E-mail: tia\_sci\_ssaa@mail.ru

**Ключевые слова:** дизель, топливо, адаптация, вязкость, подогрев.

*Цель исследования – обеспечить поддержание необходимого температурного режима смешанного минерально-растительного топлива (СМРТ). Использование топливных систем с подогревом СМРТ позволит увеличить объемы минерального дизельного топлива, замещаемого возобновимыми ресурсами. Приведены методика и результаты исследования подогрева с внешним и внутренним подводом тепла, а также с перемешиванием нагреваемой среды. Исследования проводились на специально разработанной лабораторной установке. Исследовались СМРТ на основе льняного, соевого и рапсового масел. Концентрация растительного компонента составляла 40% по объему. Использовались внешний подогреватель мощностью 1000 Вт, а также нагреватели тэнового типа мощностью 1000, 500 и 300 Вт. Установлено, что при подогреве СМРТ внешним источником теплоты обеспечивается хорошая равномерность прогрева по всему объему без использования дополнительных приспособлений для перемешивания, перегрев составляет 50% от необходимой величины. При подведении теплоты от внутреннего источника (нагреватель тэнового типа мощностью 1000 Вт) без перемешивания СМРТ прогрев происходил неравномерно, неравномерность составила 60%. При использовании механического перемешивания СМРТ с подогревом от внутреннего источника теплоты неравномерность прогрева составила 3,1...4,65% в зависимости от мощности нагревателя. Также установлено, что при использовании нагревателя с мощностью 300 Вт при нагреве 1 л смешанного минерально-растительного топлива на основе рапсового масла с содержанием растительного компонента 40% по объему время нагрева до  $60 \pm 2^\circ\text{C}$  составило 230 с, неравномерность нагрева составила 3,1%, перегрев составил 3,1%. Даны рекомендации по наиболее рациональным режимам нагрева СМРТ в системе питания автотракторного дизеля.*

## DETERMINATION OF RATIONAL METHOD OF HEATING OF MIXED MINERAL AND VEGETABLE FUELS FOR AUTOMOTIVE DIESEL ENGINES

**O. S. Volodko**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department «Tractors and Automobiles», FSBEI HE Samara SAU.

446442, Samara region, settlement Ust'-Kinelsky, Uchebnaya street, 2.

E-mail: tia\_sci\_ssaa@mail.ru

**A. P. Bychenin**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department «Tractors and automobiles», FSBEI HE Samara SAU.

446442, Samara region, settlement Ust'-Kinelsky, Uchebnaya street, 2.

E-mail: tia\_sci\_ssaa@mail.ru

**O. N. Chernikov**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department «Tractors and Automobiles», FSBEI HE Samara SAU.

446442, Samara region, settlement Ust'-Kinel'sky, Uchebnaya street, 2.

E-mail: tia\_sci\_ssaa@mail.ru

**Keywords:** diesel, fuel, adaptation, viscosity, heating.

Research objective is to provide the set temperature condition of mixed mineral and vegetable fuel (MMVF). The use of fuel systems with smart heating will increase the volume of mineral diesel fuel, replaced by renewable resources. The technique and results of research of heating with external and internal supply of heat and also with hashing of the heated environment are given. Researches were conducted on specially developed laboratory installation. MMVF on the basis of flax, soy and rape oils were investigated. Concentration of a vegetable component made 40% on volume. The 1000 W external heater and also the 1000, 500 and 300 W external heaters of all types were used. It is established that when heating MMVF the external source of warmth provides good heating on all volume without use of extra for mixing, overheating is 50% of necessary size. When leading warmth without hashing of MMVF warming up came from an internal source (the 1000 W heater) unevenly, the unevenness was 60%. When using mechanical mixing of MMVF with heating from an internal source of warmth the unevenness of warming up was 3.1...4.65% depending on heater power. By results of a research it was established that when using the heater with a power of 300 W when heating 1 liter of mixed mineral and vegetable fuel on the basis of rape oil with the maintenance of a vegetable component of 40% on volume time of heating to  $60 \pm 2$  °C was 230 s, the unevenness of heating was 3.1%, overheating was 3.1%. Recommendations about the most rational modes of heating of MMVF in a power supply system of the diesel are made.

Основной парк энергетических средств, задействованных в сельском хозяйстве, составляет автотракторная техника, оснащенная дизелями. Дизельные ДВС всех модификаций работают на минеральном дизельном топливе (ДТ), являющемся невозобновимым природным ресурсом. Последнее обстоятельство приводит к необходимости полного либо частичного замещения ДТ альтернативными видами топлив, например, растительными маслами либо смесевыми топливами, в состав которых входит минеральное дизельное топливо и биоконпоненты различного происхождения. Вопросам адаптации дизелей к применению смесевых минерально-растительных топлив посвящено значительное количество исследований [1, 2, 3], которые показывают, что применение их на практике возможно, но содержание в них биоконпонента ограничено в силу объективных причин, одной из которых является изменение физико-химических и трибологических свойств таких топлив. Исследования физико-химических и трибологических свойств СМРТ на основе масла крамбе абиссинской [4], соевого [5] и рапсового масел [6] показали, что с увеличением концентрации биоконпонента значительно возрастает вязкость СМРТ. Эти же исследования, однако, позволили выяснить, что при подогреве СМРТ вязкость снижается, и при достижении определенного значения температуры значение вязкости укладывается в требования ГОСТ 305-2013 «Топливо дизельное. Технические условия». Таким образом, использование топливных систем с подогревом СМРТ позволит увеличить объемы минерального дизельного топлива, замещаемого возобновимыми ресурсами. Однако анализ литературных источников показывает, что вопрос подогрева смесевых минерально-растительных топлив до относительно высоких температур (60-70°C) недостаточно изучен, в связи с чем существует актуальная научная проблема определения рационального способа подогрева СМРТ непосредственно в системе питания дизеля.

**Цель исследований** – обеспечить поддержание необходимого температурного режима смесевого минерально-растительного топлива.

**Задачи исследований** – определить рациональный способ подвода теплоты к подогреваемому смесевому минерально-растительному топливу; выявить необходимость перемешивания СМРТ в процессе нагрева; оценить возможность регулирования температуры СМРТ при различных способах подвода теплоты; дать рекомендации по практическому применению подогрева СМРТ в системе питания дизеля.

**Материалы и методы исследований.** Для решения первой, второй и частично третьей задач был проведен сравнительный анализ способов подогрева СМРТ на основе соевого, льняного и

рапсового масел. Для проведения эксперимента использовалась лабораторная установка (рис. 1), включающая мерную емкость из жаропрочного стекла 1, подогреватель 2 (в варианте с внешним подводом тепла это встроенный нагреватель магнитной мешалки 3 марки МИ-3, в варианте с внутренним подводом тепла – нагреватель тэнового типа мощностью 1000 Вт (рис. 1)), приспособление для перемешивания СМРТ 3 (магнитная мешалка МИ-3) и штатив с кронштейнами.

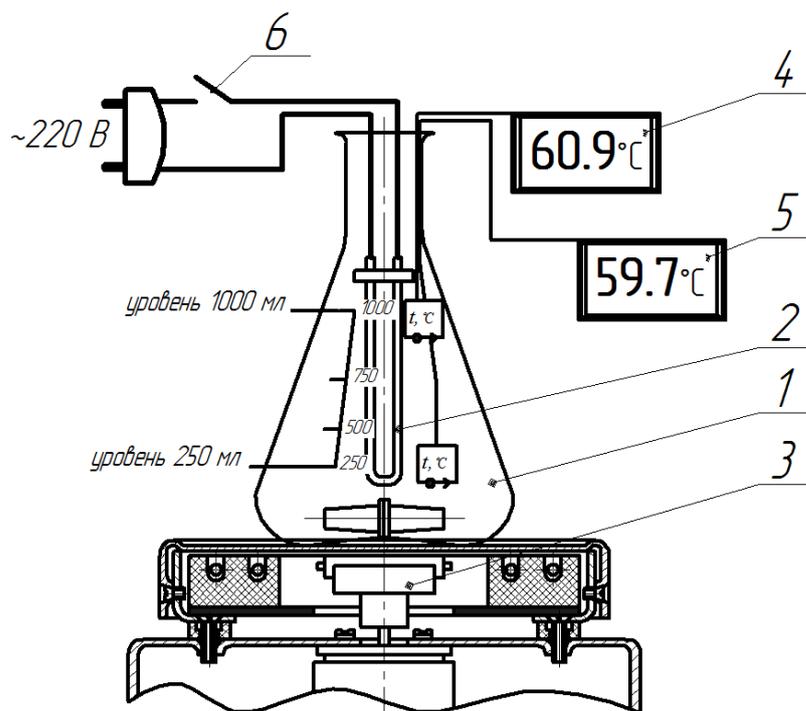


Рис. 1. Лабораторная установка для оценки эффективности подогрева СМРТ:

1 – мерная емкость; 2 – подогреватель; 3 – магнитная мешалка МИ-3; 4 – электронный термометр с выносным датчиком на уровне 1000 мл; 5 – электронный термометр с выносным датчиком на уровне 250 мл; 6 – выключатель

Температура СМРТ контролировалась электронными термометрами 4 и 5 с выносными датчиками (погрешность измерения  $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ ). Методика исследования заключалась в подогреве 1 л СМРТ с содержанием льняного, соевого или рапсового масла 40% по объему внешним либо внутренним источником тепла мощностью 1000 Вт. Подвод теплоты осуществлялся до достижения температуры СМРТ значения  $60^{\circ}\text{C}$ , после чего подогреватель отключался. Определялось время подогрева СМРТ до температуры  $60^{\circ}\text{C}$ , а также изменение температуры СМРТ после отключения подогрева до выхода системы в установившийся режим. Температура контролировалась на двух уровнях (250 и 1000 мл по шкале мерной емкости). Ход эксперимента фиксировался в реальном времени на видеокамеру. Оценивалась разность показаний термометров 4 и 5, а также величина подогрева СМРТ остаточным теплом нагревателя свыше  $60^{\circ}\text{C}$ . Первый фактор позволял оценить необходимость перемешивания СМРТ при нагреве, второй – инерционность системы и возможность поддержания и регулирования теплового режима.

Для более полного решения третьей задачи был проведен также сравнительный анализ подогрева СМРТ на основе рапсового масла (40% по объему) источником с внутренним подведением тепла с перемешиванием подогреваемой среды. Для проведения эксперимента использовалась лабораторная установка (рис. 1) с магнитной мешалкой 3 (частота вращения поддерживалась одинаковой во всех опытах) и подогревателями тэнового типа 2 разной мощности (300, 500 и 1000 Вт).

В остальном методика исследования оставалась аналогичной методике первого опыта.

Для решения четвертой задачи был проведен анализ полученных графических зависимостей, который позволил методом исключения определить наиболее рациональный способ подогрева СМРТ в системе питания дизеля.

**Результаты исследований.** Результаты оценки эффективности подогрева смесевых минерально-растительных топлив на основе рапсового, соевого и льняного масел (40% по объему) приведены на рисунке 2.

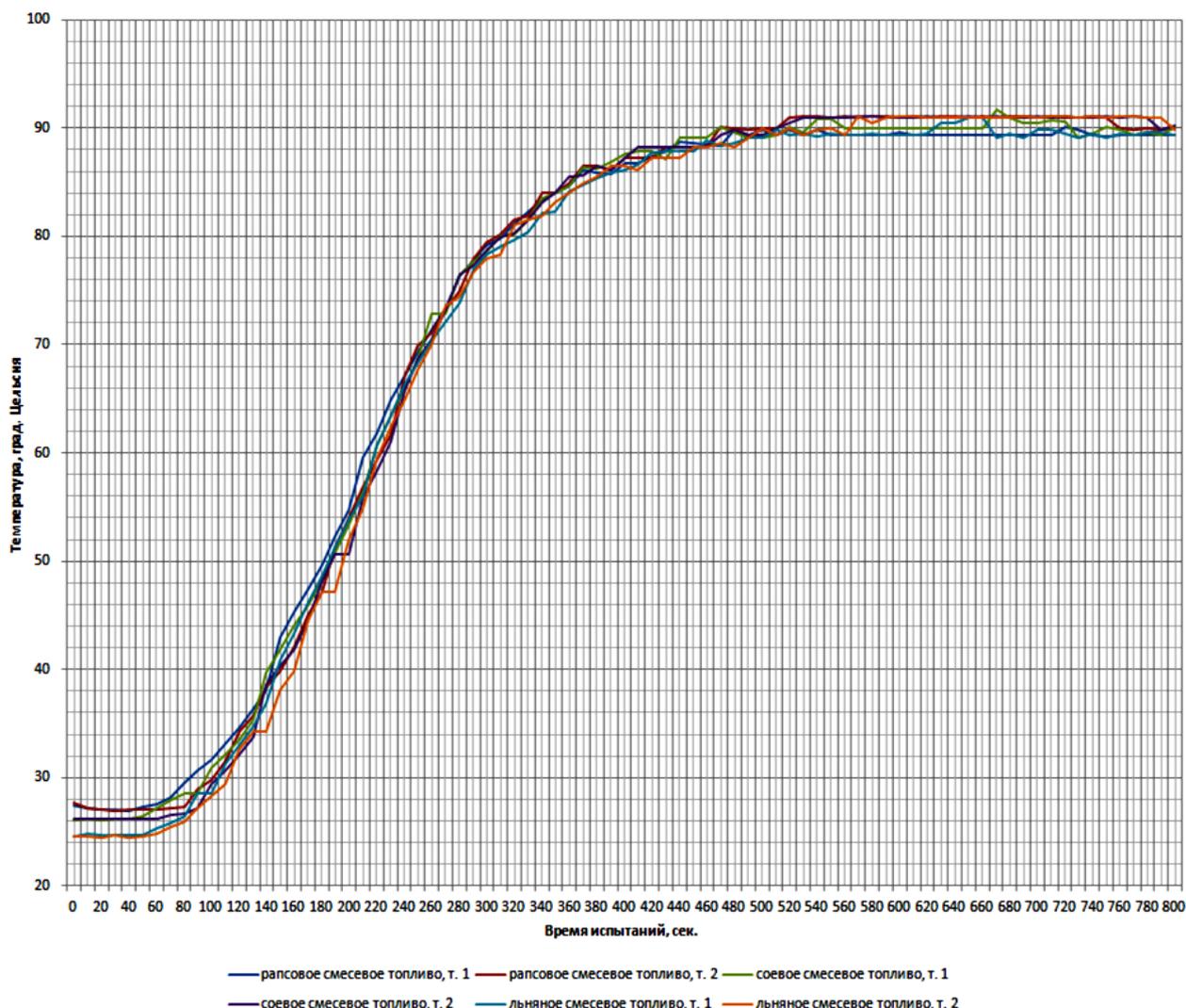


Рис. 2. Зависимость температуры ДСТ от времени нагрева (внешний подвод теплоты, без перемешивания)

Как видно из зависимостей, представленных на рисунке 2, при подведении теплоты от внешнего источника (встроенный подогреватель магнитной мешалки с мощностью 1000 Вт) все три исследованных образца нагревались до средней температуры  $60 \pm 2^\circ\text{C}$  за время в пределах  $220 \pm 2$  с. Нагрев по слоям происходил равномерно вследствие конвекционных процессов в подогреваемой жидкости, которые обеспечивали необходимое перемешивание СМРТ. Неравномерность нагрева для СМРТ на основе рапсового масла составила 4% ( $61,8^\circ\text{C}$  в точке 1 и  $59,3^\circ\text{C}$  в точке 2); для СМРТ на основе соевого масла – 3,95% ( $60,7^\circ\text{C}$  в точке 1 и  $58,3^\circ\text{C}$  в точке 2); для СМРТ на основе льняного масла – 1,97% ( $60,7^\circ\text{C}$  в точке 1 и  $59,5^\circ\text{C}$  в точке 2). Разница может быть объяснена различной теплоемкостью СМРТ с различными растительными компонентами. Характер изменения температуры при нагреве одинаков для всех исследованных образцов. Таким образом, можно утверждать, что при подогреве СМРТ внешним источником теплоты обеспечивается хорошая равномерность прогрева по всему объему без использования дополнительных приспособлений для перемешивания. Однако наличие остаточного тепла в нагревательном приборе, а также в стенках нагретой емкости привело к тому, что при отключении подогревателя при достижении температуры СМРТ  $60^\circ\text{C}$  в последующие 280 с смесевое топливо нагревалось еще на  $30 \pm 1^\circ\text{C}$ , достигая температуры  $90^\circ\text{C}$ . Далее тепловой режим стабилизировался. Таким образом, для всех

исследованных образцов в заданных условиях перегрев составил 50% от необходимой величины. Следовательно, данный способ подогрева не обеспечивает необходимых условий для поддержания заданного теплового режима.

Поскольку характер изменения температуры в процессе нагрева для всех трех видов СМРТ оказался одинаковым, последующие исследования проводились на одном виде смесового минерально-растительного топлива, а именно – смесовом минерально-растительном топливе на основе рапсового масла с содержанием растительного компонента 40% по объему.

Результаты оценки эффективности подогрева СМРТ на основе рапсового масла приведены на рисунке 3. Подогрев осуществлялся подогревателями тэнового типа, помещенными в емкость с СМРТ, как без перемешивания подогреваемой жидкости, так и с перемешиванием. Также оценивалась эффективность подогрева в зависимости от мощности источника теплоты.

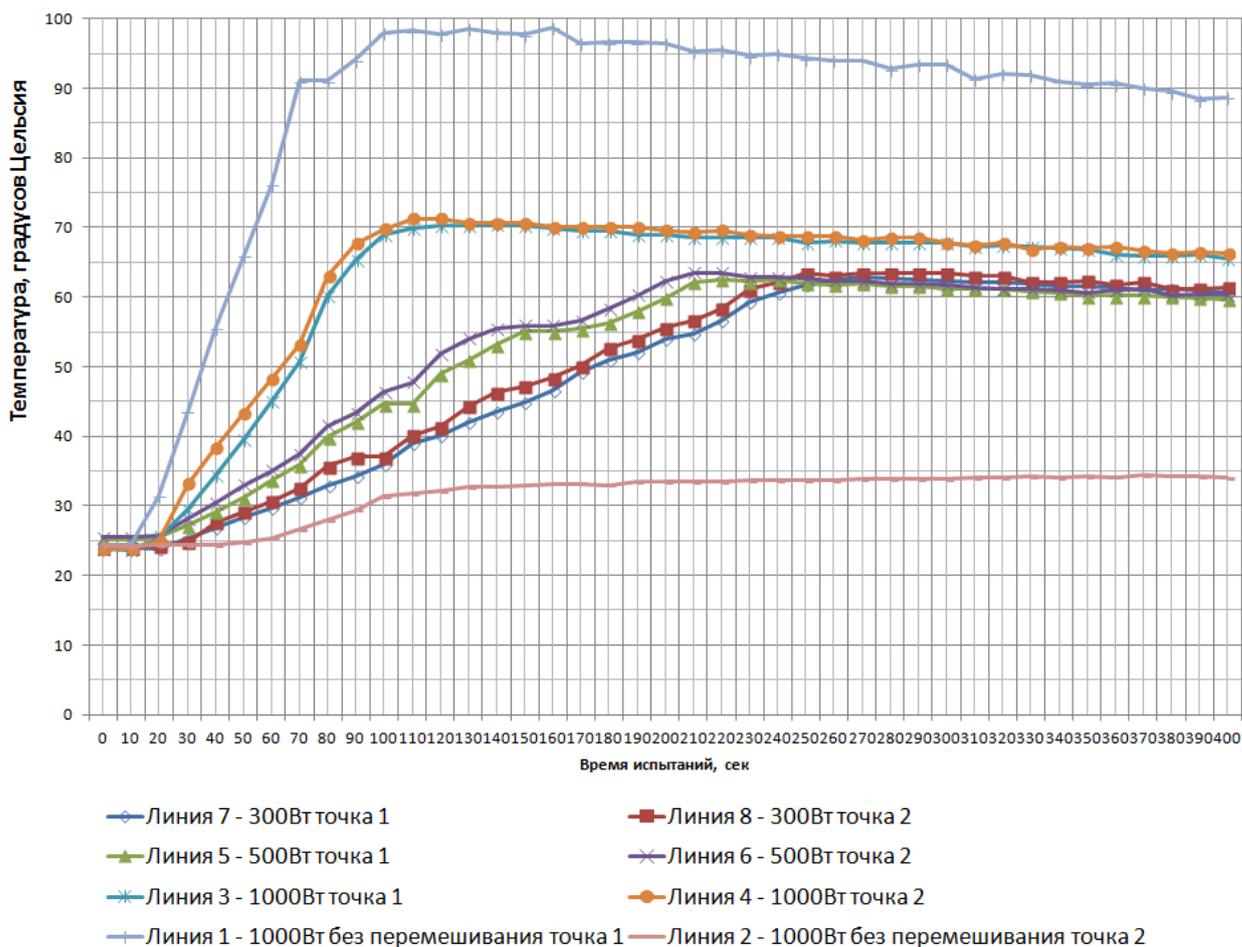


Рис. 3. Зависимость температуры СМРТ от времени нагрева (подвод тепла от внутреннего источника теплоты, без перемешивания (линии 1 и 2) и с перемешиванием (линии 3-8))

Как видно из зависимостей, представленных на рисунке 3 (линии 1 и 2), при подведении теплоты от внутреннего источника (нагреватель тэнового типа мощностью 1000 Вт) без перемешивания СМРТ прогрев происходил неравномерно: при достижении температуры СМРТ  $60 \pm 2^\circ\text{C}$  на уровне 250 мл температура СМРТ на уровне 1000 мл по шкале мерной емкости составила лишь  $24^\circ\text{C}$ . Время нагрева составило  $50 \pm 1$  с. При дальнейшем нагреве после выключения нагревателя за счет его остаточного тепла температура СМРТ на уровне 250 мл через 80 с выросла до  $98,6^\circ\text{C}$ , на некоторое время стабилизировалась на уровне  $98 \pm 1^\circ\text{C}$  (30 с), затем начала постепенно понижаться. На уровне 1000 мл СМРТ при тех же условиях прогрелось через 80 с до  $32,7^\circ\text{C}$  и далее незначительно увеличивалась со средней скоростью  $1^\circ\text{C}$  в минуту. Неравномерность прогрева СМРТ по уровням в момент выключения нагревателя составила 60%, в момент стабилизации температуры

СМРТ на уровне 250 мл – 66,8%. Конвекционные процессы в нагреваемом СМРТ в ходе опыта не наблюдались. Таким образом, из полученных результатов ясно, что использование подогрева СМРТ от внутреннего источника теплоты без перемешивания нагреваемой среды является неэффективным с точки зрения равномерности прогрева и обеспечения постоянства теплового режима системы.

Линии 3-8 (рис. 3) характеризуют процесс подогрева СМРТ при использовании нагревателей тэнового типа мощностью 1000 Вт (линии 3 и 4), 500 Вт (линии 5 и 6) и 300 Вт (линии 7 и 8). Кроме того, в этих опытах нагреваемое СМРТ перемешивалось магнитной мешалкой. Частота вращения ротора мешалки поддерживалась постоянной.

Как видно из зависимостей, представленных на рисунке 3, характер изменения температуры СМРТ по уровням вне зависимости от мощности нагревателя одинаков: интенсивное повышение температуры при работающем нагревателе, перегрев за счет остаточного тепла нагревателя после его выключения, стабилизация температурного режима с последующим остыванием. Температура по уровням сохраняется практически одинаковой. От мощности нагревателя зависит время нагрева до контрольной точки ( $60^{\circ}\text{C}$ ), а также величина перегрева.

Так, при использовании нагревателя с мощностью 1000 Вт (линии 3 и 4) время нагрева до  $60\pm 3^{\circ}\text{C}$  составило 80 с. При этом неравномерность нагрева составила 4,65% (точка 1 –  $60,2^{\circ}\text{C}$ , точка 2 –  $63^{\circ}\text{C}$ ). Далее от остаточного тепла через 30 с после выключения нагревателя СМРТ прогрелось до  $69\pm 2^{\circ}\text{C}$ , т.е. перегрев составил 15%.

При использовании нагревателя с мощностью 500 Вт (линии 5 и 6) время нагрева до  $60\pm 2^{\circ}\text{C}$  составило 190 с. При этом неравномерность нагрева составила 3,96% (точка 1 –  $58^{\circ}\text{C}$ , точка 2 –  $60,3^{\circ}\text{C}$ ). Далее от остаточного тепла через 30 с после выключения нагревателя СМРТ прогрелось до  $63\pm 1^{\circ}\text{C}$ , т.е. перегрев составил 5%.

При использовании нагревателя с мощностью 300 Вт (линии 7 и 8) время нагрева до  $60\pm 2^{\circ}\text{C}$  составило 230 с. При этом неравномерность нагрева составила 3,1% (точка 1 –  $59,2^{\circ}\text{C}$ , точка 2 –  $61,1^{\circ}\text{C}$ ). Далее от остаточного тепла через 40 с после выключения нагревателя СМРТ прогрелось до  $63\pm 1^{\circ}\text{C}$ , т.е. перегрев составил 3,1%.

Таким образом, сравнивая результаты всех опытов, можно заключить, что наиболее рациональным из рассмотренных способов нагрева СМРТ в системе питания дизеля является нагрев от источника тепла, помещенного внутрь емкости с нагреваемой средой при ее активном перемешивании. При таком способе обеспечивается наилучшая равномерность прогрева СМРТ по всему объему, а также сохраняется тепловой режим, наиболее близкий к заданному. Также можно сделать вывод, что рациональнее использовать нагреватель меньшей мощности. Хотя его использование приводит к увеличению времени нагрева, при этом обеспечивается минимальная неравномерность прогрева и минимальный перегрев от остаточного тепла нагревателя после его выключения. Также нагреватель меньшей мощности будет меньше нагружать генератор бортовой сети автомобиля, либо любой иной источник тока. Результаты опытов при использовании нагревателей с мощностью 500 Вт и 300 Вт очень близки, но все же предпочтительным выглядит использование нагревателя с меньшей мощностью, поскольку увеличение времени нагрева в этом случае составляет лишь 21% (190 и 230 с соответственно), в то время как этот же показатель в сравнении с нагревателем мощностью 1000 Вт составляет 187,5% (80 и 230 с соответственно).

**Заключение.** Установлено, что с точки зрения обеспечения равномерности прогрева и постоянства теплового режима СМРТ в системе питания дизеля рационально использовать подогрев смесового топлива от источника тепла, помещенного в объем нагреваемой среды, при этом необходимо ее перемешивание. Также рациональным является использование нагревательного элемента с меньшей мощностью, так как это позволяет минимизировать неравномерность нагрева и перегрев от остаточного тепла. При использовании нагревателя с мощностью 300 Вт при нагреве 1 л смесового минерально-растительного топлива на основе рапсового масла с содержанием растительного компонента 40% по объему время нагрева до  $60\pm 2^{\circ}\text{C}$  составило 230 с, неравномерность нагрева составила 3,1%, перегрев составил 3,1%. Данный режим нагрева является наиболее рациональным из рассмотренных в исследовании.

1. Хохлов, А. А. Обеспечение работоспособности топливной системы тракторных дизелей при использовании смесового рыжико-минерального топлива : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.20.03 / Хохлов Антон Алексеевич. – Пенза, 2018. – С. 24.
2. Фомин, В. Н. Повышение технико-экономических показателей автотракторных дизелей, работающих на минерально-растительном топливе : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.20.01 / Фомин Вадим Николаевич. – Ульяновск, 2011. – С. 18.
3. Година, Е. Д. Экспериментальные исследования дизеля Д-243-648 при работе на смесовом соево-минеральном топливе / Е. Д. Година, А. П. Уханов // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2016. – №1 (33). – С. 143-147.
4. Уханов, А. П. Показатели физико-химических, теплотворных, трибологических свойств масла крамбе абиссинской и дизельного смесового топлива / А. П. Уханов, О. С. Володько, А. П. Быченин, М. П. Ерзамаев // Нива Поволжья. – 2018. – №2. – С. 141-148.
5. Володько, О. С. Адаптация автотракторного дизеля к работе на соево-минеральном топливе / О. С. Володько, А. П. Быченин, М. П. Ерзамаев, Ю. В. Уханова // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. – 2018. – № 4. – С. 36-43.
6. Уханов, А. П. Дизельное смесовое топливо : монография / А. П. Уханов, Д. А. Уханов, Д. С. Шеменив. – Пенза : РИО ПГСХА, 2012. – 147 с.

#### References

1. Khokhlov, A. A. (2018). Obespechenie rabotosposobnosti toplivnoi sistemy traktornykh dizelei pri ispolizovanii smesevogo ryzhiko-mineralinogo topliva [Ensuring operability of a fuel system of tractor diesels when using mixed camelina and mineral fuel]. *Extended abstract of candidate's thesis*. Penza [in Russian].
2. Fomin, V. N. (2011). Povysheniie tekhniko-ehkonomicheskikh pokazatelei avtotraktornykh dizelei, rabotaiushchikh na mineralino-rastitelinom toplive [Increase in technical and economic indicators of the autotractor diesels using mineral and vegetable fuel]. *Extended abstract of candidate's thesis*. Ulyanovsk [in Russian].
3. Godina, E. D., & Ukhanov, A. P. (2016). Ekhspierimentalinyie issledovaniia dizelia D-243-648 pri rabote na smesevom soevo-mineralinom toplive [Pilot studies of the diesel D-243-648 during the work on mixed soy and mineral fuel]. *Vestnik Uliianovskoi gosudarstvennoi seliskokhoziaistvennoi akademii – Vestnik of Ulyanovsk state agricultural academy*, 1 (33), 143-147 [in Russian].
4. Ukhanov, A. P., Volod'ko, O. S., Bychenin, A. P., & Erzamaev, M. P. (2018). Pokazateli fiziko-himicheskikh, teplovtornykh, tribologicheskikh svoistv masla krambe abissinskoj i dizelinogo smesevogo topliva [The physico-chemical, caloric value, tribological properties of crambe abyssinian oil and diesel mixture fuels]. *Niva Povolzhia – Niva Povolzhya*, 2, 141-148 [in Russian].
5. Volod'ko, O. S., Bychenin, A. P., Erzamayev, M. P., & Ukhanova, Yu. V. (2018). Adaptatsiia avtotraktornogo dizelia k rabote na soevo-mineralinom toplive [Adaptation of the autotractor diesel to work on soy and mineral fuel]. *Izvestiia Samarskoj gosudarstvennoi selskokhoziaistvennoi akademii – Bulletin Samara state agricultural academy*, 4, 36-43 [in Russian].
6. Ukhanov, A. P., Ukhanov, D. A., & Shemenev, D. S. (2012). *Dizelinoe smesevoe toplivo [Diesel mixed fuel]*. Penza: PCPenzaSAA [in Russian].