

Карданов Х. Б., Джолабов Ю. Ш.

Kardanov H. B., Dzholabov Y. Sh.

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЕМПЕРАТУРНЫХ УСЛОВИЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ
НА ПОКАЗАТЕЛИ ТРАКТОРНЫХ ДИЗЕЛЕЙ**

**DETERMINING THE EFFECT OF OPERATING TEMPERATURE
CONDITIONS ON THE PERFORMANCE OF TRACTOR DIESELS**

Топливная система тракторов обеспечивает хранение определенного запаса топлива, предохранение от засорения и обеспечения подачи их в цилиндры двигателя внутреннего сгорания по заданной схеме и в нужном объеме.

Подчеркивается влияние окружающей среды на подачу топлива по температуре и плотности. Рассматриваются вопросы на воздействие температуры окружающей среды, климатических условий на топливоподающие аппараты. Указано, что температура топлива оказывает существенное влияние на уменьшение производительности подкачивающего насоса двигателя внутреннего сгорания (ДВС) и показатели работы. При увеличении температуры топлива, часовой расход существенно снижается, увеличивается его плотность, вязкость, сжимаемость, в результате чего уменьшается цикловая подача насоса, происходит потеря мощности двигателя.

Отмечаются особенности использования топливной аппаратуры в условиях высокогорья, в состоянии экстремальных ситуаций. Это резко континентальный климат, меняющиеся температурные показатели, давление воздуха, его плотность и масса.

Все эти показатели приводят к переобогащению подаваемого топлива, неполному сгоранию топлива, нагарообразованию на деталях топливной аппаратуры, повышению расхода топлива.

Ключевые слова: *климатические условия, топливо, температура, давление, влажность.*

The fuel system of tractors provides storage of any stock of fuel, protection from clogging and ensuring their supply to the cylinders of the internal combustion engine according to the specified scheme and with the desired volume.

The influence of the environment on the fuel supply in terms of temperature and density is emphasized. Questions on the impact of ambient temperature and climate conditions on fuel-producing devices are considered. It is indicated that the fuel temperature has a significant impact on the reduction of the performance of the DC pump and performance indicators. When the fuel temperature increases, the hourly flow rate is significantly reduced, its density, viscosity, and compressibility increases, resulting in a reduced pump cycle, and engine power, which can be adjusted by certain adjustments.

The features of using fuel equipment in high-altitude conditions and in extreme situations are noted. This is a sharply continental climate, changing temperature indicators, air pressure, its density and mass.

All these indicators lead to re-enrichment of the supplied fuel, incomplete combustion of fuel, carbon formation on the parts of the fuel equipment, and increased fuel consumption.

Key words: *climate conditions, fuel, temperature, pressure, humidity.*

Карданов Хусейн Беканович –

к.т.н., доцент кафедры технологии обслуживания и ремонта машин в АПК, ФГБОУ ВО Кабардино-Балкарский ГАУ, г. Нальчик

E-mail: kardanov50@list.ru

Kardanov Huseyn Bekanovich –

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Technology for Maintenance and Repair of Machines in the agro-

industrial complex, FSBEI HE Kabardino-Balkarian SAU, Nalchik
E-mail: kardanov50@list.ru

Джолабов Юсуп Шарапиевич –

к.т.н., доцент кафедры технологии обслуживания и ремонта машин в АПК, ФГБОУ ВО Кабардино-Балкарский ГАУ, г. Нальчик

Тел.: 8 928 720 05 54

E-mail: dzholabov@mail.ru

Dzholabov Yusup Sharapievich –

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Technology of Service and Repair of Machines in the Agricultural Sector, FSBEI HE Kabardino-Balkarian SAU, Nalchik

Tel.: 8 928 720 05 54

E-mail: dzholabov@mail.ru

Топливные системы тракторов предназначены для хранения какого-либо объема дизельного топлива, предохранения их от внешнего загрязнения и очистки от механических примесей, обеспечения подачи топлива в различные системы при работе дизельного двигателя в нужных требуемых объемах в цилиндры двигателя.

Опыт работы на эксплуатируемых автотракторных двигателях показывает, что надежность их работы зависит от климатических условий. Интенсивность изнашивания деталей машин в 2-3 раза больше в северных районах, чем в средней полосе. А в южных широтах увеличивается износ деталей за счет увеличения концентрации пыли в окружающем воздухе.

В настоящее время автотранспортные дизельные двигатели используются во всех климатических зонах с перепадом температур от +30°C до -50°C, а наработка в летние и зимние периоды отличается не очень значительно.

Особое воздействие температура воздуха оказывает на топливоподающую аппаратуру. Агрегаты аппаратуры расположены по всей длине трактора, начиная от двигателя (нагрев) и в конце трактора (топливный бак), который подвергается температурным перепадам от солнечной энергии и зимних холодов. Температура окружающего воздуха оказывает большое влияние на температуру топлива, протекание физических процессов, связанных с конденсацией и растворимостью воды в топливе, на характеристики агрегатов топливной системы, мощностные показатели двигателя, надежность и долговечность работы топливной аппаратуры и д.в.с.

В некоторых публикуемых материалах отмечают, что максимальный диапазон изменения температуры воздуха между северными и южными зонами достигает до

100°C. При таких больших колебаниях нельзя обеспечить нормальную работу топливной аппаратуры. Поэтому износостойкость материала прецизионных пар существенно зависит от температуры.

Надежность и экономичность работы двигателя внутреннего сгорания (ДВС) возможна только при правильной установке подающей системы. С изменением температуры топлива в топливной системе изменяются его свойства как вязкость и плотность.

Температура влияет на вязкость и плотность топлива, работу фильтрующих элементов, их пропускную способность. Поэтому дозирование топлива плунжерными парами, расположенными в головке насоса высокого давления, происходит в различных условиях. Во время эксплуатации температура топлива в головке топливного насоса колеблется от 2 до 81°C. Следовательно, условия работы топливного насоса на тракторе и на безмоторном регулировочном стенде различны, что оказывает существенное влияние на его характеристики.

Температура топлива в головке насоса стабилизируется через 1,0-1,5 ч непрерывной работы двигателя.

Характер повышения температуры топлива зависит от температуры окружающей среды, степени загрузки двигателя, конструктивных особенностей тракторного дизеля. Более высокая температура окружающего воздуха, так же как и более полная загрузка двигателя, уменьшает время достижения максимальной температуры топлива в головке насоса. Утепление двигателя в зимнее время сокращает время прогрева и повышает максимальную температуру топлива в головке насоса.

Решающим фактором является тепловой режим двигателя.

Влияние температуры окружающей среды на физические параметры топлива существенно.

С изменением температуры топлива в топливной аппаратуре (ТА) изменяются его свойства, прежде всего вязкость и плотность.

Увеличение вязкости ведет к укрупнению капель в факеле, ухудшению распыливания и испарения топлива. Топливо с большей вязкостью догорает на такте расширения, что ухудшает экономичность двигателя и повышает дымность выпускных газов.

Применение топлива с малой вязкостью также ухудшает процесс смесеобразования, так как при распыливании образуются мелкие капли, скорость которых в плотном воздухе быстро падает, в результате чего некачественно используется объем камеры сгорания для приготовления топливоздушную смеси.

Вязкое топливо труднее прокачивается по топливопроводам системы питания низкого давления. При предельном значении вязкости потери напора возрастают настолько, что подача топлива к насосу резко уменьшается, двигатель начинает работать с перебоями и может вообще заглохнуть.

Для сохранения постоянного расхода подаваемого в цилиндре загустевшего топлива достаточно немного повысить (от 0,04 до 0,08 МПа) избыточное давление в системе низкого давления. Этим способом удастся избежать снижения расхода, при увеличении вязкости дизельного топлива в результате снижения температуры от -20° до -40°C . Для поддержания постоянных значений часового расхода и мощности при понижении температуры применяют корректоры подачи топлива, воздействующие на ход рейки и, тем самым, на активный ход плунжера.

Плотность дизельного топлива с изменением температуры также не остается постоянной. С повышением температуры она уменьшается, а сжимаемость увеличивается. В таблице 1 приведены значения вязкости и соответствующей ей плотности при различной температуре.

Таблица 1 – Зависимость вязкости и плотности дизельного топлива от температуры

Температура, $^{\circ}\text{C}$	0	20	40	60	80
Вязкость, $\text{мм}^2/\text{с}$	5,0	3,4	2,2	1,5	1,2
Плотность, $\text{г}/\text{см}^3$	0,85	0,83	0,81	0,79	0,77

Из таблицы видно, что при повышении температуры от 01° до 80°C плотность снижается почти на 10%. Если в летний период эксплуатации тракторов температура топлива, поступающего в головку топливного насоса, достигает $75-80^{\circ}\text{C}$, то из-за снижения плотности уменьшается цикловая подача в цилиндра двигателя. С увеличением плотности повышается давление в топливопроводе перед форсункой, сдвигается момент начала впрыскивания и возрастает действительная его продолжительность.

В таком интервале температур сжимаемость топлива увеличивается почти на 50%, что сказывается на фактическом активном ходе плунжера и, следовательно, на цикловой подаче.

Изменение температуры влияет на показатели работы подкачивающего и топливного насоса высокого давления.

Результаты исследования, представленные в таблице 2, показывают, что производительность подкачивающих насосов уменьшается с увеличением противодавления в нагнетательной магистрали.

Температура топлива оказывает существенное влияние на уменьшение производительности подкачивающего насоса. При номинальной частоте противодавления 0,1 МПа и температуре 80°C (353K) это уменьшение достигает 40%. Увеличение частоты вращения кулачкового вала насоса при одинаковом температурном режиме.

Таблица 2 – Зависимость производительности подкачивающего насоса от температуры

Температура, $^{\circ}\text{C}$	Изменение производительности, % при противодавлении, МПа/ = 650 мин. ⁻¹			
	0	0,05	0,1	0,15
20	100	100	100	100
40	12,1	14,9	17,2	17,9
60	19,0	26,0	28,8	28,2
80	26,6	36,4	39,5	38,4

В условиях реальной эксплуатации тракторов и при температуре окружающего

воздуха -26°C температура топлива в головке насоса составляет $+2^{\circ}\text{C}$ (для тракторов МТЗ), а при $+25^{\circ}\text{C}$ – достигает $+75^{\circ}\text{C}$ (для тракторов ДТ-75 Волгоградского тракторного завода).

На заводах, выпускающих топливные насосы, и предприятиях, производящих ремонт и регулировку их на специальных стендах, дозирование топлива плунжерными парами происходит при температуре окружающей среды. Поэтому параметры топливоподачи топливного насоса, установленные при регулировке, отличаются от показателя его на двигателе. Повышение температуры топлива с 20 до 60°C снижает цикловую подачу насосов типа 4ТН $8,5 \times 10$ и УТН-5 в среднем на 5% неравномерность подачи топлива увеличивается почти в четыре раза; цикловая подача насосов типа НД-21 снижается на $20-25\%$, неравномерность подачи увеличивается в два-три раза. При увеличении температуры входящего в насос НД-22/6Б4 топлива на 10°C цикловая подача уменьшается на $1,5-6\%$.

По результатам работ можно заключить, что температуру топлива в головке насоса на работающем двигателе следует стабилизировать в пределах $30-40^{\circ}\text{C}$. Топливо, поступая в фильтры и головку насоса по топливопроводам, нагревается, в основном, за счет тепла, излучаемого двигателем.

Так как подача подкачивающего насоса в несколько раз больше часового расхода топлива двигателем, то при существующей схеме перепуска из головки к подкачивающему насосу, температура топлива значительно возрастает.

Температура топлива влияет на значение угла начала впрыскивания. Запаздывание угла начала впрыскивания больше проявляется на пусковой частоте вращения, на номинальной частоте – в меньшей степени. Это объясняется тем, что при малой частоте вращения возрастают утечки топлива в плунжерной паре и впрыскивание несколько затягивается. Эти зависимости необходимо учитывать при регулировании угла начала впрыскивания топлива.

Одним из наиболее важных регулировочных параметров, от которого в большей степени зависит расход топлива, является неравномерность подачи по цилиндрам.

Известно, что увеличение неравномерности подачи часового расхода на каждые 3% приводит к увеличению часового расхода на $1-2\%$ двигателем трактора, а увеличение неравномерности подачи топлива до 18% , на дизеле трактора ДТ-75, работающего на пахоте, увеличивает расход топлива более чем на 6% .

Температура топлива влияет на значение угла начала впрыскивания. Запаздывание начала впрыскивания больше всего проявляется на пусковой частоте вращения вала двигателя, на номинальной частоте – в меньшей степени, что объясняется возрастанием утечки топлива в плунжерной паре и впрыскивание топлива при этом затягивается.

По данным ведущих институтов, изучающих испытание и эксплуатацию ДВС, температура топлива оказывает существенное влияние на мощность тракторных дизелей.

Исследования ряда двигателей на тракторах и моторных стендах свидетельствуют о том, что температура топлива, подаваемого к головке топливного насоса, как правило, на $10-30^{\circ}\text{C}$ превышает температуру окружающего воздуха и практически совпадающую с ней температуру в топливном баке; изменение температуры топлива в большинстве случаев происходит более интенсивно, чем температуры воздуха.

Испытания показали, что при нагреве топлива тракторный дизель практически работает по нагрузочной характеристике. Зависимость расхода топлива от его температуры в возможном диапазоне ее изменения (от 10 до 70°C) с достаточной степенью точности подчиняются прямолинейному закону.

При увеличении температуры топлива часовой расход существенно снижается. Как отмечено выше, увеличение температуры топлива влияет на его плотность, вязкость и сжимаемость, в результате чего уменьшается цикловая подача насоса, изменяется начало впрыскивания и неравномерность подачи топлива по цилиндрам увеличивается. Изменение расхода топлива при изменении температуры происходит не только за счет изменения его плотности, но и действия таких факторов, как утечка через зазоры прецизионных пар, дросселирования во впускных и отсечных окнах втулок

плунжеров, разгрузки топливопроводов высокого давления и др.

Мощность двигателя снижается в результате уменьшения цикловой подачи при повышении в головке насоса температуры топлива, которая изменяется в довольно широких пределах. Например, в двигателе СМД-60 повышение температуры топлива в головке насоса с 20 до 70°C при температуре окружающего воздуха 28-30°C вызвало снижение плотности топлива с 0,83 до 0,79 г/см³ и часового расхода с 9,7 кг/ч до 9,27 кг/ч, что привело к снижению мощности двигателя на 5,15%. При этом экономические показатели двигателя практически не изменились.

Уменьшить влияние изменения температуры на мощность тракторного дизеля возможно несколькими путями. Максимально снизить дополнительный подогрев топлива, за счет защиты топливного бака, топливопроводов, топливных фильтров и насоса от непосредственного воздействия солнечных лучей и нагретых поверхностей двигателей, улучшения охлаждения агрегатов ТА и перепуска топлива непосредственно в топливный бак. Кроме этого, с помощью усовершенствования конструкции и улучшения технологии изготовления следует свести к минимуму влияние подогрева на величину цикловой подачи топливного насоса; в частности, может быть рекомендовано применение специальных температурных корректоров.

При регулировании ТА на безмоторном стенде следует обеспечить подогрев топлива до 50°C или учитывать поправку к часовому расходу топлива, равную 1,2-1,5% на каждые 10° разницы температур в головке насоса.

Особенностью использования дизельной топливной аппаратуры в условиях высокогорья, где обычно наблюдаются экстремальные ситуации и различные климатические условия, заключаются в том, что с увеличением высоты над уровнем моря понижается атмосферное давление и уменьшается масса воздуха, входящего в

цилиндр двигателя при впуске. При такой работе ДВС смесь будет переобогащенной, с неполным сгоранием топлива и последующим увеличением нагарообразования на деталях топливной аппаратуры, повышением расхода топлива и т.д. С увеличением высоты подъема трактора уменьшается мощность и экономичность двигателя, снижается температура в момент впрыскивания топлива, что ухудшает распыливание топлива в камере сгорания форсунками.

В высокогорных условиях необходимо регулировать топливный насос высокого давления с целью уменьшения его подачи на 5-20% в зависимости от высоты над уровнем моря.

С возрастанием высоты следует уменьшать давление впрыскивания, а угол опережения впрыскивания увеличивать.

Одним из параметров, влияющих на температуру в условиях высокогорья, является низкая температура. При этом изменяются эксплуатационные свойства топлива и смазочных материалов, создающих экстремальные условия для работы топливной аппаратуры. Увеличивается вязкость топлива и масел, затрудняется пуск двигателя, увеличивается износ деталей. При пуске в таких условиях наблюдается плохое смесеобразование, снижаются сжатие и температура, ухудшается испарение топлива.

Падение температуры охлаждающей жидкости в двигателе с 85 до 45°C приводит к снижению мощности на 5-6%, а расход топлива повышается на 6-7%.

Все виды углеводородного топлива обладают гигроскопичностью, то есть иногда они могут растворять влагу и иногда при изменении некоторых условий выделять их обратно в виде микрокапель. На растворимость воды влияют внешние факторы, как температура окружающей среды, влажность, давление, что особенно ясно проявляется при резких переменах температуры.

Литература

1. *Цукаев В.И.* Зимняя эксплуатация тракторов и автомобилей. М.: Московский рабочий, 1983.
2. *Зуев В.П.* Влияние температуры топлива на топливоподачу дизельного двигателя: сборник научных трудов. Л., 1991.
3. *Власов Г.А.* Особенности эксплуатации дизельной топливной аппаратуры. М.: Агропромиздат, 1987.

References

1. *Tsukaev V.I.* Zimnyaya jekspluatatsiya traktorov i avtomobilej. M.: Moskovskij rabochij, 1983.
2. *Zuev V.P.* Vliyanie temperatury topliva na toplivopodachu dizelnogo dvigatelya: sbornik nauchnykh trudov. L., 1991.
3. *Vlasov G.A.* Osobennosti jekspluatatsii dizel'noj toplivnoj apparatury. M.: Agropromizdat, 1987.

4. *Батыров В.И., Браева Ф.А.* Исследование процесса топливоподачи дизелей // Сборник научных трудов VII Всероссийской научно-практической конференции, посвященной памяти доктора технических наук, профессора Ю.М. Хаширова. Нальчик, 2019.
5. *Шекихачев Б.А., Батыров В.И., Балкаров Р.А., Шекихачева Л.З., Губжиков Х.Л.* Исследование режимов работы дизельных двигателей тракторов в реальных условиях эксплуатации // Техника и оборудование для села. 2019. №4(262).

4. *Batyrov V.I., Braeva F.A.* Issledovanie protsessa toplivopodachi dizelej // Sbornik nauchnykh trudov VII Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferentsii, posvyashchennoj pamyati doktora tekhnicheskikh nauk, professora Yu.M. Khashirova. Nalchik, 2019.
5. *Shekikhachev B.A., Batyrov V.I., Balka-rov R.A., Shekikhacheva L.Z., Gubzhokov Kh.L.* Issledovanie regimov raboty dizelnykh dvigatelej traktorov v realnykh usloviyakh jekspluatatsii // Tekhnika i oborudovanie dlya sela. 2019. №4(262).