

Губжоков Х. Л., Болотоков А. Л.

Gubzhokov H. L., Bolotokov A. L.

**ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ НИЗКОГО ДАВЛЕНИЯ В ПОЛОСТИ ПИТАНИЯ
ТОПЛИВНОГО НАСОСА ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ НА ПАРАМЕТРЫ
ТОПЛИВОПОДАЧИ**

**EFFECT OF LOW PRESSURE CHANGES IN THE FEED CAVITY
OF A HIGH-PRESSURE FUEL PUMP ON FUEL DELIVERY PARAMETERS**

Исследованиями установлено, что замена топливopодкачивающего насоса установкой, обеспечивающей постоянный напор топлива, не привела к существенному улучшению стабильности параметров топливоподачи. Нами были выполнены на стенде КИ-35478 эксперименты по определению значения давления в полости питания насоса УТН-5 дизеля 4Ч 11/12,5 на влияние параметров топливоподачи с различным техническим состоянием прецизионных частей ТНВД. При этом для исследования приняты следующие параметры топливоподачи: коэффициент подачи топлива, ЦПТ, неравномерность подачи и угол запаздывания начала впрыскивания топлива. При присоединении установки постоянного напора повысилась стабильность параметров топливоподачи в среднем на 0,5-1,0%. При этом увеличение давления в полости питания топливного насоса высокого давления с 0,06 МПа до 0,70 МПа не оказало заметного влияния на параметры процесса топливоподачи. Нами выполнены экспериментальные исследования давления в полости питания топливного насоса высокого давления УТН-5 режим работы дизеля 4Ч 11/12,5 на параметры топливоподачи при различном техническом состоянии прецизионных деталей топливного насоса высокого давления. Утечка топлива через зазор в плунжерной паре зависит от величины зазора и перепада давления ($P_n - P_{вс}$). Увеличение зазора сказывается значительно больше. С увеличением зазора в плунжерной паре при давлении ниже 0,06 МПа наблюдается уменьшение ЦПТ.

Ключевые слова: дизель, распылитель, форсунка, испытание, ресурс.

It has been found that replacing the fuel pump with a unit that provides a constant fuel pressure did not significantly improve the stability of the fuel supply parameters. We performed experiments on the stand KI-35478 to determine the pressure value in the feed cavity of the UTN-5 pump of the 4h 11/12,5 diesel engine on the influence of fuel supply parameters with different technical States of precision parts of the fuel injection pump. At the same time, the following parameters of fuel supply were adopted for the study: fuel supply coefficient, CPT, uneven supply and the angle of delay of the start of injection of topolia. The addition of a constant head unit increased the stability of the fuel supply parameters by an average of 0,51,0%. At the same time, the increase in pressure in the feed cavity of the high-pressure fuel pump from 0,06 MPa to 0,70 MPa did not have a noticeable effect on the parameters of the fuel supply process. We performed experimental studies of the pressure in the supply cavity of the high-pressure fuel pump UTN-5 operating mode of the diesel engine 4H 11/12,5 on the fuel supply parameters for different technical conditions of precision parts of the high-pressure fuel pump. Fuel leakage through the gap in the plunger pair depends on the size of the gap and the pressure drop (PH-RVS). An increase in the gap effect is much more. With an increase in the gap in the plunger pair at pressures below 0?06 MPa, there is a decrease in the CPT.

Key words: diesel, spray, nozzle, test, resource.

Губжоков Хусен Лелович –

доцент кафедры технологии обслуживания и ремонта машин в АПК, ФГБОУ ВО Кабардино-Балкарский ГАУ, г. Нальчик
Тел.: 8 905 437 09 09

Болотоков Анзор Леонидович –

старший преподаватель кафедры технологии обслуживания и ремонта машин в АПК, ФГБОУ ВО Кабардино-Балкарский ГАУ, г. Нальчик
Тел.: 8 964 033 63 55
E-mail: anzor.n@Inbox.ru

Gubjokov Husen Lelovic –

Associate Professor of the Department of Machine Maintenance and Repair Technology in the Agricultural Sector, FSBEI HE Kabardino-Balkarian SAU, Nalchik
Tel.: 8 905 437 09 09

Bolotokov Anzor Leonidovich –

senior lecturer of the Department of technology of maintenance and repair of machines in agriculture, FSBEI HE Kabardino-Balkarian SAU, Nalchik
Tel.: 8 964 033 63 55
E-mail: anzor.n@Inbox.ru

Степень наполнения надплунжерного пространства дизельным топливом через впускное отверстие зависит от давления в полости питания топливного насоса высокого давления (ТНВД), соответственно и объем дизельного топлива, подаваемого секцией ТНВД. В вопросе о степени влияния давления в полости питания ТНВД на параметры топливоподачи нет единого мнения.

Установлено, что, если поменять топливоподкачивающий насос (ТПН) установкой для обеспечения постоянного давления дизельного топлива, повысится стабильность параметров топливоподачи в среднем значении на 0,5-1,0% [1, 3]. При этом изменение давления топлива в полости питания ТНВД с 0,06 МПа до 0,70 МПа не оказывает существенного влияния на основные параметры процесса топливоподачи топливным насосом.

Исследования авторов [2, 4, 5] показали: при уменьшении давления топлива в полости

питания ТНВД с 0,20 МПа до 0,05 МПа, наоборот, цикловая подача топлива (ЦПТ) уменьшилась на 20% и равномерность подачи ухудшилась в 2,7 раза. Давление впрыскивания дизельного топлива при таких значениях изменилось в меньшую сторону на 0,1 МПа, а угол запаздывания процесса впрыскивания φ_s – в большую сторону на $4...^{\circ}$, а время продолжительности процесса впрыскивания увеличилось на $2,9...^{\circ}$.

Полученные результаты экспериментов, указанных выше исследователей, противоречивы и частично можно объяснить тем, что эксперименты проводились на разных ТНВД. Они имели разные значения частоты номинальной обороты кулачкового вала ТНВД, следовательно, и временем наполнения дизельным топливом надплунжерного пространства, диаметром впускных отверстий, числом ЦПТ и разными конструктивными значениями параметров.



Рисунок 1 – Стенд КИ-35478 для испытания и регулировки топливного насоса

Следует отметить, что в эксплуатации при выполнении ремонтно-обслуживающих работ ТНВД комплектуется деталями, имеющими допустимый износ, что не учитывалось в указанных выше работах.

Нами были выполнены эксперименты на стенде КИ-35478 по определению значения давления в полости питания насоса УТН-5 дизеля 4Ч 11/12,5 на влияние параметров топливоподачи с различными техническими состояниями прецизионных частей ТНВД. При этом для исследования приняты следующие параметры топливоподачи: коэффициент подачи (η_n) топлива, ЦПТ ($q_{цт}$), неравномерность подачи и угол запаздывания начала впрыскивания топлива (φ_3).

Коэффициент подачи мы определили как делением объема количества дизельного топлива впрыскиваемого форсункой в процесс ($q_{цт}$) к объему, описываемому плунжером топливного насоса за один ход ($q_{цтг}$)

$$\eta_n = q_{цт} / q_{цтг} \cdot \tau \quad (1)$$

При фиксированном положении регулировочных органов ТНВД $q_{цтг}$ значение не будет меняться. В процессе работы техническое состояние плунжерной пары ТНВД меняется, как и объем топлива, впрыскиваемого форсункой, следовательно, значение η_n характеризует идентичность работы секциям ТНВД.

Значение угла запаздывания впрыскивания дизельного топлива можно определить как разность значения угла начала подачи топлива $\varphi_{нп}$ и значения угла начала процесса впрыскивания топлива ($\varphi_{нв}$)

$$\varphi_3 = \varphi_{нп} - \varphi_{нв} \quad (2)$$

При увеличении значения давления в головке топливного насоса с 0,02 МПа до 0,2 МПа угол запаздывания начала впрыскивания топлива изменялся не на много, а вот ЦПТ изменилась до 3 мм³/цикл.

При уменьшении значения P_n происходило увеличение значения цикловой подачи, а при увеличении значения P_n происходило увеличение цикловой подачи. Это можно объяснить тем, что значение объема топлива, подаваемого в полость нагнетания насоса ($Q_{пн}$), зависит от значения объема дизельного топлива, перетекающего из полости

нагнетания в полость питания насоса. Значение объема топлива, подающего в полость нагнетания ($Q_{пн}$) определяют по формуле:

$$Q_{пн} = f_n C_n - \alpha V_n \frac{dP_n}{dt} - \mu_b f_b \sqrt{\frac{2q}{\gamma} (P_n - P_{вс})} - \frac{\pi \delta_n^3 (P_n - P_{вс})}{6\eta \lambda_n \left(\frac{2H}{2} - 1 \right)}, \quad (3)$$

где:

$f_n C_n$ – площадь поперечного сечения плунжера и скорость движения плунжера;

$P_n, P_{вс}$ – давление в полости нагнетания плунжера, во втулке плунжера питания;

δ, λ_n – зазор и длина золотниковой части плунжера;

$\mu_b f_b$ – эффективное проходное сечение окон втулки плунжера;

t – время;

α – коэффициент сжимаемости топлива;

η – коэффициент динамической вязкости;

H – расстояние от питающих кромок до всасывающих отверстий.

Первый член формулы в правой части показывает объем дизельного топлива, подаваемого ТНВД при активном ходе плунжерной пары. Второй член формулы – это объем дизельного топлива, оставшегося в полости нагнетания плунжера при сжатии дизельного топлива. Третий член – это объем топлива, перетекающего через впускное отверстие втулки во всасывающую полость, четвертый член показывает утечку топлива через зазор в плунжерной паре в течение времени активного хода плунжера.

Из уравнения следует, что объем дизельного топлива, перетекающего в топливную линию низкого давления, зависит от перепада давления ($P_n - P_{вс}$). В процессе уменьшения давления топлива в питающей полости ($P_{вс}$) перепад давления увеличивается, что ведет к увеличению утечки дизельного топлива во впускные окна втулки плунжера и, следовательно, приводит к уменьшению цикловой подачи топлива, а увеличение давления $P_{вс}$, наоборот, приводит к уменьшению перепада давления ($P_n - P_{вс}$), что уменьшает перетекание топлива в питающую полость. Это, в свою очередь приводит к повышению цикловой подачи.

От величины зазора в плунжерной паре и перепада давления ($P_n - P_{вс}$) зависит величина

утечки топлива через зазор, а с увеличением зазора в плунжерной паре топливного насоса при давлении в системе ниже 0,06 МПа

наблюдается уменьшение значения цикловой подачи топлива.

Литература

1. Лебедев А.Т., Лебедев П.А., Анажеев А.К., Егोजев А.М., Болотоков А.Л. Повышение экономичности дизельных двигателей с модернизированным распылителем форсунки // Научный журнал фармацевтических, биологических и химических наук. 2018. RJPBCS 9 (6). С. 737-742.
2. Батыров В.И., Губжиков Х.Л., Болотоков А.Л. Изменения параметров распыливающих отверстий форсунок автотракторных дизелей в эксплуатации // Молодёжный форум: технические и математические науки: материалы Международной научно-практической конференции. Воронеж: Воронежский ГЛТУ, 2015. С.83-85.
3. Батыров В.И., Шекихачева Л.З., Болотоков А.Л. Перспективы использования биотоплива на основе рапсового масла в качестве моторного для дизелей // Международный научно-исследовательский журнал «Человек и современный мир» [Электронный ресурс]. 2019. №1(26). С. 107-116.
4. Шекихачев Ю.А., Батыров В.И., Балкаров Р.А., Шекихачева Л.З., Болотоков А.Л. Экспериментальное исследование влияния состава композиционного биотоплива на мощностные и экологические показатели дизеля // АгроЭкоИнфо. 2019. №1.
5. Лебедев А.Т., Лебедев П.А., Губжиков Х.Л., Болотоков А.Л. Улучшение показателей эффективности использования энергетических средств с дизельными двигателями модернизацией распылителей форсунок // Наука в центральной России. Тамбов, 2018. №6.

References

1. Lebedev A.T., Lebedev P.A., Apazhev A.K., Egozhev A.M., Bolotokov A.L. Povyshenie ekonomichnosti dizel'nyh dvigatelej s moderniziro-vannym raspylitelem forsunki // Nauchnyj zhurnal farmacevticheskikh, biologicheskikh i himicheskikh nauk. 2018. RJPBCS 9 (6). S. 737-742.
2. Batyrov V.I., Gubzhikov H.L., Boloto-kov A.L. Izmeneniya parametrov raspylivayu-shchih otverstij forsunok avtotraktornyh dizelej v ekspluatacii // Molodyozhnyj forum: tekhnicheskije i matematicheskie nauki: materialy Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoi konferencii. Voronezh: Voronezhskij GLTU, 2015. S. 83-85.
3. Batyrov V.I., Shekihacheva L.Z., Boloto-kov A.L. Perspektivy ispol'zovaniya biotopliva na osnove rapsovogo masla v kachestve motornogo dlya dizelej // Mezhdunarodnyj nauchno-issledovatel'skij zhurnal «Chelovek i sovremennij mir» [Elektronnyj resurs]. 2019. №1(26). S. 107-116.
4. Shekihachev YU.A., Batyrov V.I., Balkarov R.A., Shekihacheva L.Z., Bolotokov A.L. Eksperimental'noe issledovanie vliyaniya sostava kompozicionnogo biotopliva na moshchnostnye i ekologicheskie pokazateli dizelya // AgroEko-Info. 2019. №1.
5. Lebedev A.T., Lebedev P.A., Gubzhikov H.L., Bolotokov A.L. Uluchshenie pokazatelej effektivnosti ispol'zovaniya energeticheskikh sredstv s dizel'nymi dvigatelyami modernizaciej raspylitelej forsunok // Nauka v central'noj Rossii. Tambov, 2018. № 6.