

М471/42

Московское ордена Ленина, ордена Октябрьской
Революции и ордена Трудового Красного Знамени
высшее техническое училище им. Н.Э.Баумана

На правах рукописи
УДК 621.43-421

БОРИСОВ БОРИС НИКИТОВИЧ

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ ТОПЛИВОПОДАЧИ
С РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫМ НАСОСОМ ТИПА НД-21

(05.04.02 - тепловые двигатели)

А в т о р е ф е р а т
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Москва 1988

Работа выполнена в Московском ордена Ленина, ордена Октябрьской Революции и ордена Трудового Красного Знамени высшем техническом училище им. Н.Э.Баумана.

Научный руководитель - доктор технических наук,
профессор С.Г.Роганов

Официальные оппоненты- доктор технических наук, старший
научный сотрудник Кутовой В.А.
кандидат технических наук,
доцент Голубков Л.Н.

Ведущее предприятие - Научно-исследовательский институт
комбайновых и тракторных двигателей

Защита диссертации состоится " 6 " ИЮНЯ 1988 г.
в 14⁰⁰ часов на заседании специализированного совета К.053.15.05
"Тепловые машины и теоретические основы теплотехники" МВТУ
им. Н.Э.Баумана по адресу:

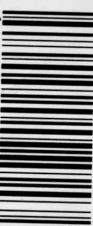
107005, Мос
"Энергострой"

С диссе
им. Н.Э.Баум
Вали от
печатью учре
107007,
Н.Э.Бау
Автореф

Ученый секр
совета К.05

11471142

НТБ МГТУ им. Н.Э.Баумана



1471142

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Основными направлениями экономического и социального развития СССР на 1986-1990 годы и на период до 2000 года, принятыми XXVII съездом КПСС, были поставлены задачи по снижению расхода топлива, экономическому и рациональному использованию трудовых и материальных ресурсов.

Мощностные и экономические показатели дизелей, нашедших широкое распространение в народном хозяйстве, в значительной степени определяются совершенством топливоподающей аппаратуры (ТА).

В настоящее время выпуск топливных насосов (ТН) распределительного типа НД достиг 30% всего количества выпускаемых насосов для тракторных дизелей. Опыт производства и широкой эксплуатации насосов этого типа подтвердил их эффективность, однако выявил ряд проблем, без решения которых расширение сферы их применения затрудняется.

К числу указанных проблем, требующих решения, следует отнести обеспечение равномерности подачи топлива в широком диапазоне частот вращения кулачкового вала насоса (к.в.н.), получение необходимых скоростных и нагрузочных характеристик с целью снижения дымности и расхода топлива.

Для осуществления решения этих задач следует проводить работы, направленные на исследование процессов, происходящих в линии высокого давления (ЛВД) топливной системы (ТС), где существенное влияние на показатели впрыскивания оказывают конструктивно-регулирующие параметры нагнетательного клапана (НК).

Поэтому актуальной задачей является проведение теоретических и экспериментальных исследований гидродинамических процессов в ЛВД, а также выявление влияния параметров НК на процесс топливоподачи.

Цель работы. Научной целью работы являлось совершенствование характеристик ТА с распределительным насосом НД-21 для улучшения мощностных и экономических показателей автотракторных дизелей 24 Ю, 5/12.

В соответствии с этим предусматривалось проведение теоретических и экспериментальных исследований на безмоторном, моторных стендах и в эксплуатационных условиях на тракторах, для определения влияния конструктивных параметров НК на процесс впрыскивания и на мощностные и экономические показатели дизелей. Прикладная цель работы состояла в разработке рекомендаций по

совершенствованию ТА с распределительным насосом НД-21/2 дизелей 24 IO,5/I2 (Д-21А1 и Д-120) для обеспечения лучшей экономичности, снижения дымности и сокращения трудоемкости изготовления ТН.

Практическая ценность. Применение уточненного метода гидродинамического расчета дает возможность проведения расчетных исследований при выборе и доводке конструктивных параметров ТС с распределительными насосами НД. Это позволяет существенно сократить длительность и трудоемкость экспериментальных исследований. На основании расчетно-теоретических исследований, подтвержденными экспериментальными и эксплуатационными результатами, даны рекомендации по выбору конструкции НК, который максимально унифицирован с серийным.

Реализация работы. Результаты диссертации использованы на ПО "ВТЗ им.А.А.Ждакова" и на ПО "ВЗТА" при разработке и выпуске опытной партии усовершенствованных насосов распределительного типа НД-21.

Апробация работы. Основные положения диссертации доложены и обсуждены:

- на заседаниях кафедры "Комбинированные двигатели внутреннего сгорания" (КДВС) им.Н.Э.Баумана в 1981-1983 гг.;
- на семинарах молодых ученых и специалистов кафедры КДВС МВТУ в 1981-1983 гг.;
- на Всесоюзной конференции молодых ученых в НАТИ (г.Москва, 1985г.);
- на отраслевой научно-технической конференции в НИКТИДе (г.Москва, 1985г.);
- на Всесоюзной научно-технической конференции в МАДИ в 1986г.;
- на Всесоюзных семинарах по ДВС в ЛСХИ (г.Ленинград) и в Уфимском авиационном институте в 1986г.;
- на научно-технической конференции "Молодые ученые - народному хозяйству" (ВПИ, г.Владимир, 1987г.);
- на Всесоюзной научно-технической конференции в МВТУ им.Н.Э.Баумана в 1987г.;
- на Всесоюзной научно-технической конференции в НИКТИДе (г.Владимир, 1987г.);
- на семинаре "Пути снижения загрязнения воздушного бассейна выбросами ДВС" ВДНХ СССР (г.Москва, 1987г.).

Публикации. Основные положения диссертации опубликованы в 7 печатных работах.

Структура и объем работы. Диссертационная работа изложена на 170 страницах машинописного текста, включая введение, пять глав, заключение, 60 рисунков на 48 страницах, 6 таблиц, список литературы из 119 наименований и приложение.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В первом разделе рассмотрены конструктивные особенности и проведен анализ схемы организации рабочего цикла, осуществляемого в нагнетающей секции распределительного насоса НД (рис. I).

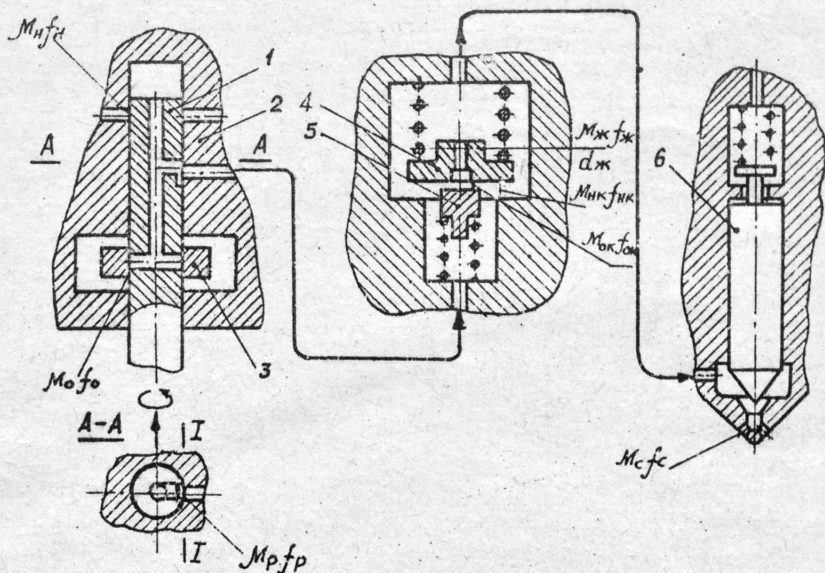


Рис. I. Принципиальная схема топливopодачи насосом распределительного типа НД-21:

1 - плунжер распределитель; 2 - атулка плунжера; 3 - дозатор; 4 - нагнетательный клапан прямого действия; 5 - обратный клапан; 6 - игла форсунки

В серийных распределительных насосах НД-21 и НД-22 применена схема организации рабочего цикла с полным наполнением и плунжерного пространства, а дозирование осуществляется отсечкой топлива в конце нагнетательного хода плунжера. В процессе вращательного и поступательного движения плунжера вверх распределительный паз на нем соединяется с отверстием во втулке и топливо поступает в распределительный канал. При этом проходная площадь окна (сечение I-I рис.1) непрерывно изменяется в соответствии с протеканием кривой $M_{pf}f = f(\varphi)$ в зависимости от угла поворота к.в.н. (рис.2). Под воздействием возрастающего давления в полости плунжера и в распределительном канале поднимается вверх НК прямого действия и топливо перетекает в топливopовод. Величина эффективного проходного сечения НК прямого действия ($M_{нк}f_{нк}$) изменяется до значения $h_{нк} \approx 0,3\text{мм}$, после чего она остается постоянной (рис.3), так как лимитируется сечением I-I (рис.2) и $(M_{pf}f)_{\text{max}} = (M_{нк}f_{нк}) = 1,35\text{мм}^2$.

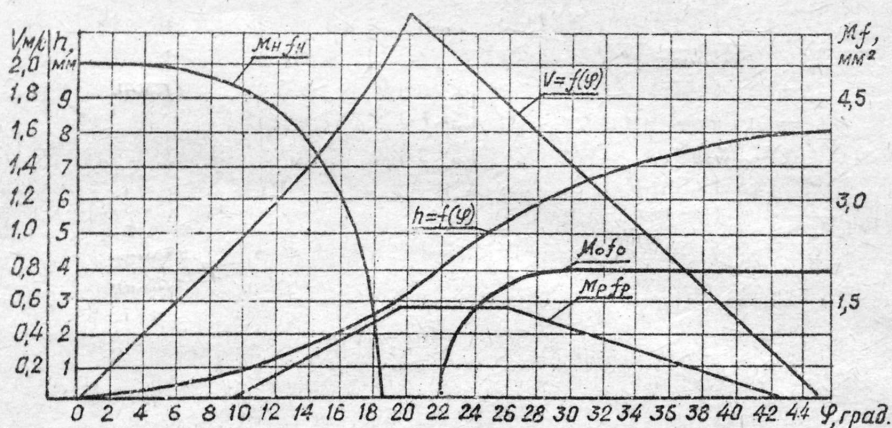


Рис.2. Зависимость подъема (h), скорости (V) плунжера, величины эффективных проходных сечений топливо-распределения ($M_{pf}f$), наполнения ($M_{н}f_{н}$) и отсечки ($M_{о}f_{о}$) в распределительном насосе типа НД от угла поворота кулачкового вала (φ).

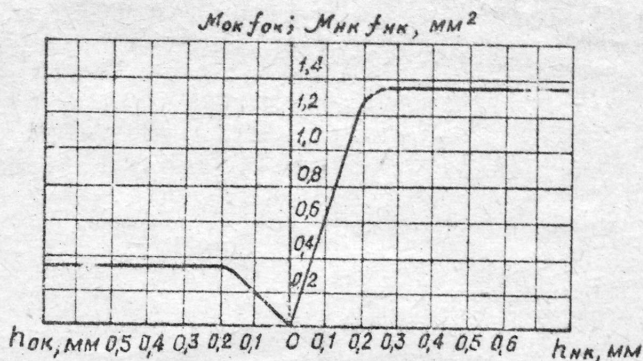


Рис.3. Гидравлическая характеристика нагнетательного клапана двойного действия типа НД с $d_{ж} = 0,8 \text{ мм}$

Разгрузка нагнетательного топливопровода осуществляется протеканием топлива через жиклер ($d_{ж}$) в НК прямого действия в момент его нахождения на седле, далее через сечение между НК и обратным клапаном (ОК) $M_{OK} f_{OK}$ (рис.1), а также через сечение в распределителе $M_p f_p$, а затем по центральному каналу плунжера в линию низкого давления (ЛНД). При ходе ОК $h_{OK} \geq 0,2 \text{ мм}$ $M_{OK} f_{OK}$ остается неизменным (рис.3), так как $d_{ж} = 0,8 \text{ мм}$ уже лимитирует общую величину ОК и $(M_{OK} f_{OK}) = (M_{ж} f_{ж}) = 0,35 \text{ мм}^2$.

Кроме того, разгрузка ЛВД в распределительном насосе НД происходит при вращательном и поступательном движении плунжера только вверх $h = f(\varphi)$ (рис.1), а при его ниспадающем ходе надплунжерная полость разъединена с распределительным каналом. При такой организации рабочего цикла чрезмерной переразгрузки ЛВД не произойдет, если удалить ОК или полностью НК в этой ТС; в отличие от рядных насосов, где она будет осуществляться и при ниспадающем ходе плунжера, в случае отсутствия НК или имеющего сквозное калиброванное отверстие в нем.

Практика эксплуатации дизелей Л-2ТА1 с распределительными насосами НД-21/2 показала, что на режимах корректорной ветви отмечается повышенное дымление и ухудшение экономических показателей по расходу топлива. На показатели корректорной ветви оказывают влияние индивидуальные особенности как ТА, так и самого дизеля.

Значительный опыт, накопленный в исправлении скоростных характеристик дизелей, свидетельствует, что этого можно достигнуть изменением скоростных характеристик ТС. Причем теоретические и экспериментальные исследования доказывают, что корректирование цикловой подачи топлива (V_u) в зависимости от частоты вращения к.в.н. (n_k) $V_u = f(n_k)$ наиболее эффективно достигается за счет изменения конструктивных параметров НК, что делает необходимым проведение исследований в данном направлении для достижения целей работы, которая была сформулирована выше.

Во второй главе дан анализ и проведены теоретические исследования ТС с распределительным насосом НД, основанные на теории впрыскивания, для развития которой большой вклад внесли труды И.В.Астахова, Л.Н.Голубкова, Ф.Засса, А.И.Исаева, Г.Г.Калина, Т.Ф.Кузнецова, В.А.Кутового, А.С.Лышевского, А.Пишингера, С.Г.Роганова, Р.В.Русинова, Б.Н.Файнлейба, Ю.Я.Фомина и ряда других исследователей. В методике расчета, разработанной И.В.Астаховым, Л.Н.Голубковым и Н.А.Владимировым применительно к ТН распределительного типа НД-21, опубликованной в 1969 году, учитываются конструктивные особенности этих насосов и максимальное количество факторов, оказывающих заметное влияние на процесс впрыскивания. В последующих работах, посвященных уточнению математической модели работы ТН НД-21, принимаются во внимание процессы, происходящие в системе низкого давления, уточняется движение нагнетательного клапана.

В настоящей работе для проведения расчетно-теоретических исследований за базовую была взята программа гидродинамического расчета процесса впрыскивания для ТС с распределительным насосом, реализованная на ЭЦВМ ЕС-1022, разработанная в МАДИ и в Павлодарском индустриальном институте. В этой программе были проведены уточнения в уравнениях движения НК прямого действия и ОК (вводились силы гидродинамического воздействия потока), баланса перетекаемого топлива через них, а также корректировались принятые допущения (относительно начала их движения) и исходные данные, на основании имеющихся литературных источников в сочетании с экспериментальными данными.

Проведение перечисленных мероприятий позволило получить хорошую сходимость результатов расчетов с экспериментальными

данными, как в количественных значениях максимальных давлений (расхождение в штуцерах у насоса (P_n')_{max} составляет 4,8%, у форсунки (P_f)_{max} - 4,2% и продолжительности впрыскивания φ_n , так и в качественных изменениях этих давлений, перемещения иглы (h_u), НК прямого действия ($h_{нк}$) и ОК ($h_{ок}$) в зависимости от угла поворота к.в.н. НД-21. Все это подтверждает достоверность математической модели.

Следующим этапом теоретических исследований было проведение с помощью уточненной математической модели расчетов по определению влияния конструктивных параметров НК на процесс топливоподачи с целью установления основных качественных связей и прогнозирования диапазона изменения конструктивных и регулировочных параметров для экспериментальных исследований. Для этой цели был произведен отбор конструкций НК из 4 модификаций с учетом модификации с серийным клапаном (рис.4).

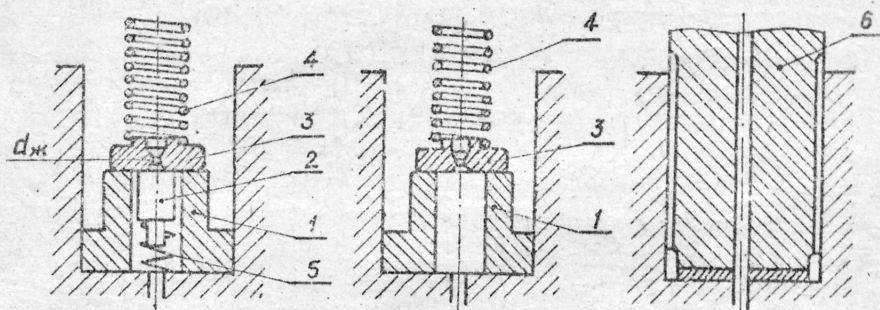


Рис.4. Конструкции нагнетательных клапанов:

а - серийный ($d_{жк} = 0,8\text{мм}$); б - со сквозным калиброванным отверстием (без ОК с $d_{жк} = 0,8$ и $0,5\text{мм}$); в - без НК с опытным штуцером; 1 - седло клапана; 2 - обратный клапан; 3 - клапан двойного действия с калиброванным отверстием (жиклер); 4 - пружина клапана прямого действия; 5 - пружина обратного клапана; 6 - опытный штуцер

Результаты расчета показали, что, удаляя ОК или НК, V_q уменьшается, но подбором $d_{жк}$, увеличением активного хода плунжера (h_a) или совместным изменением этих параметров можно восстановить V_q соответствующее номинальному режиму дизеля Д-21А1 ($V_{qn} = 60\text{мм}^3/\text{ц}$ при $n_{кн} = 900\text{мин}^{-1}$). Так, замена

$d_{ж}$ с 0,8 на 0,5 мм в варианте без ОК (рис.4,б) приводит к незначительному уменьшению $P'_{н max}$ и $P_{ф max}$ (не более 5%), φ_u остается неизменной, а h_a увеличили на 0,3 град поворота к.в.н., остаточное давление (P_o) уменьшилось с 0,9 МПа до 0,55 МПа по сравнению с серийной комплектацией НК (рис.4,а). Характеристики впрыскивания $Q = f(\varphi)$ серийного ТН, без ОК с $d_{ж} = 0,5$ мм, без НК с опытным штуцером (рис.4,в) представлены на рис.5. При работе ТС с насосом НД-21/2 без НК φ_u увеличивается на 0,3° по сравнению с первыми двумя вариантами, P_o составило 0,4 МПа, а $h_a = 5$ град поворота к.р.н.

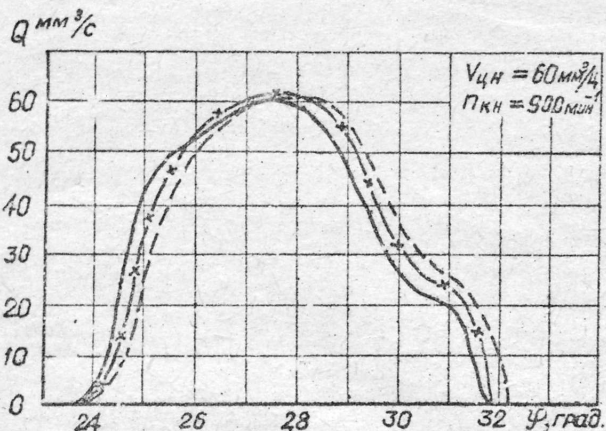


Рис.5. Характеристики впрыскивания топливного насоса типа НД-21/2:

- — — — — серийный нагнетательный клапан;
- × — × — без обратного клапана с $d_{ж} = 0,5$ мм;
- · - · - без НК с опытным штуцером

На основании теоретических расчетов было признано целесообразным при экспериментальных исследованиях осуществлять варьирование конструктивно-регулируемыми параметрами для модернизированных насосов НД-21/2: величинами $d_{ж}$, h_a и фазы топливораспределения, оказывающей влияние на P_o в топливопроводе.

В третьей главе описаны безмоторная, моторная установки и методики экспериментальных исследований на них.

Весь комплекс экспериментальных исследований топливных насосов распределительного типа НД-21/2 с различными комплекта-

циями НК в ЛВД осуществлялся на безмоторном стенде "Моторпал НС-108" (ЧССР).

Осциллографирование параметров процесса топливоподачи производилось при использовании двух комплектов усилительно-регистрирующей аппаратуры. Первый комплект аппаратуры включал в себя пьезокварцевые датчики давления (РДБ 500/14-2), измеряющие давление в полости штуцеров насоса (P_n) и форсунки (P_f), из электронного двухлучевого осциллографа С-1-18, из электронного блока прибора ПХВ (для регистрации характеристики впрыскивания в дифференциальной и интегральной формах). Подъем иглы распылителя форсунки и угловые отметки поворота к.в.н. производились датчиками индуктивного типа.

В состав второго комплекта усилительно-регистрирующей аппаратуры входила тензометрическая установка УТС I-ВТ-12/35, работающая с мембранными датчиками давления, разработанными в ЦНИТА. В качестве регистрирующего прибора применялся шлейфовый осциллограф Н-117.

Моторные исследования дизелей 24 Т0,5/12 проводились на электробалансирном стенде "САК-Н-670" (ГДР). Стенд оборудован приборами для измерения основных выходных параметров дизеля, в том числе: крутящего момента (M_e), частоты вращения коленчатого вала (n_d), расхода топлива (G_r) и воздуха (G_a), температуры (t_r) и дымности (D) отработавших газов, температуры в перемычке клапанов в головке цилиндров (t_n). Индицирование проводилось с помощью индикатора МАИ-2А. Мощностные (N_e) и экономические (g_e) показатели дизелей оценивались по скоростным и нагрузочным характеристикам.

Для определения влияния индивидуальных особенностей как ТА, так и самого дизеля Д-21А1 на M_e , N_e , g_e , n_d на режимах максимальной мощности и максимального крутящего момента и на величину корректорного запаса крутящего момента (M_k) был использован системный подход. Каждый дизель Д-21А1 в сборе рассматривался как единая система, состоящая из взаимосвязанных и взаимодействующих элементов:

- а) собственно дизеля Д-21А1;
- б) топливного насоса НД-21/2;
- в) комплекта ТА (ТН НД-21/2, топливopроводов и форсунок 6Т2);
- г) механического корректора (производилась замена его жестким упором).

Количество элементов каждого наименования принято 10-12, чтобы упростить и упорядочить анализ.

При обработке экспериментальных данных был проведен дисперсионный анализ результатов, позволивший определить "вклад" каждой совокупности: двигателей, комплекта ТА в целом, насосов и механического корректора - в разброс мощностных и экономических показателей по внешней характеристике и оценить их по силе влияния. Опытные данные обрабатывались статистическим методом и были определены величины математического ожидания (M) и среднее квадратичное отклонение (σ) перечисленных показателей.

Для определения влияния формы скоростной характеристики ТН НД-21/2 на дымность отработавших газов (ОГ) были сняты полная регуляторная, внешняя скоростная и серия нагрузочных характеристик на режимах 1800, 1700, ..., 1000 мин⁻¹. Дымность ОГ дизеля Д-21А1 на границе начала дымления определялась по нагрузочным характеристикам методом касательной к кривой g_e , проведенной из начала координат. На единых графиках было проанализировано протекание зависимостей $M_e (P_e)$, N_e , G_r , g_e , σ , V_{cl} и η_a в функции от частоты вращения дизеля (n_d) регуляторной, внешней скоростной и начала дымления характеристик.

Сравнительные испытания дизеля Д-120 с различными вариантами комплектациями НК в ЛВД (рис.4) проводили по нагрузочным характеристикам при оптимальных установочных углах опережения впрыскивания топлива ($\theta_{уст}$ определялся по мениску по концу истечения первой струи топлива из штуцера ТН). Во время снятия регуляторных характеристик производилась подрегулировка часовой подачи топлива (G_T) на номинальной частоте вращения ($n_{дн} = 2000 \text{ мин}^{-1}$), соответствующей серийному варианту ТН НД-21/2.

Условия проведения всех моторных испытаний, точность замеров и расчетов выдерживалась по ГОСТ 18509-80.

В четвертой главе изложены результаты экспериментальных исследований процесса топливоподачи распределительных насосов типа НД-21/2 с различной комплектацией НК в ЛВД. Исследования показали, что варьированием параметров НК (удаляя ОК, изменяя размеры калиброванного отверстия в НК прямого действия или фазы топливораспределения) создаются предпосылки корректирования скоростных характеристик в широком диапазоне частот вращения к.в.н. (рис.6).

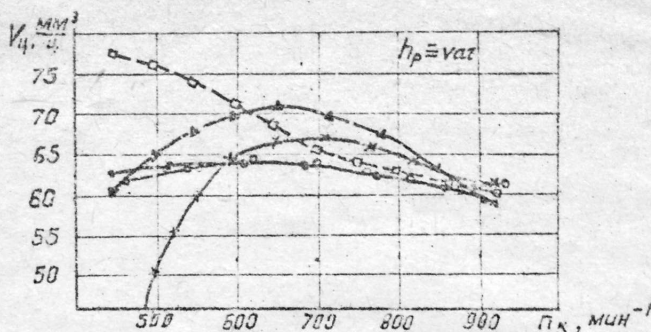


Рис. 6. Скоростные характеристики топливного насоса HD-2I/2 дизеля Д-21А1 с различными комплектациями нагнетательного клапана в линии высокого давления:

- — серийная комплектация с $d_{ж} = 0,8 \text{ мм}$;
- - -○- - без обратного клапана с $d_{ж} = 0,5 \text{ мм}$;
- ▲— — без обратного клапана с $d_{ж} = 0,8 \text{ мм}$;
- ×— — без нагнетательного клапана с опытным штуцером;
- - -□- — коррекционная вставка регуляторной характеристики

В случае применения НК со сквозным калиброванным отверстием $d_{ж} = 0,5 \text{ мм}$ (без ОК в ЛВД) при восстановленной V_c на номинальном режиме ($n_{кн} = 900 \text{ мин}^{-1}$, $h_p = \text{var}$) скоростная и регуляторная характеристики отличаются незначительно от серийных во всех измеряемых диапазонах частот.

На основании осциллограмм, полученных на электронном осциллографе, было установлено, что в ТС с HD-2I/2 имеются зоны неустойчивости по давлению в штуцерах у насоса и у форсунки — A_n , A_f , B_n и B_f (рис. 7а). Эти зоны неустойчивости по давлению наблюдаются на всех скоростных и нагрузочных режимах кроме минимально-устойчивых, они могут оказать влияние на мощностные и экономические показатели дизеля, так как в них формируются начальный и конечный участки характеристики впрыскивания.

На осциллограммах топливоподачи, снятых с ТН без ОК в ЛВД с $d_{ж} = 0,5 \text{ мм}$ (рис. 7б) и без НК с опытным штуцером в диапазоне от 20 до 70 $\text{мм}^3/\text{ц}$ и при $n_{кн} = 1000$ и $n_{кн} = 700 \text{ мин}^{-1}$, зоны неустойчивости по давлению P_n и P_f отсутствуют.

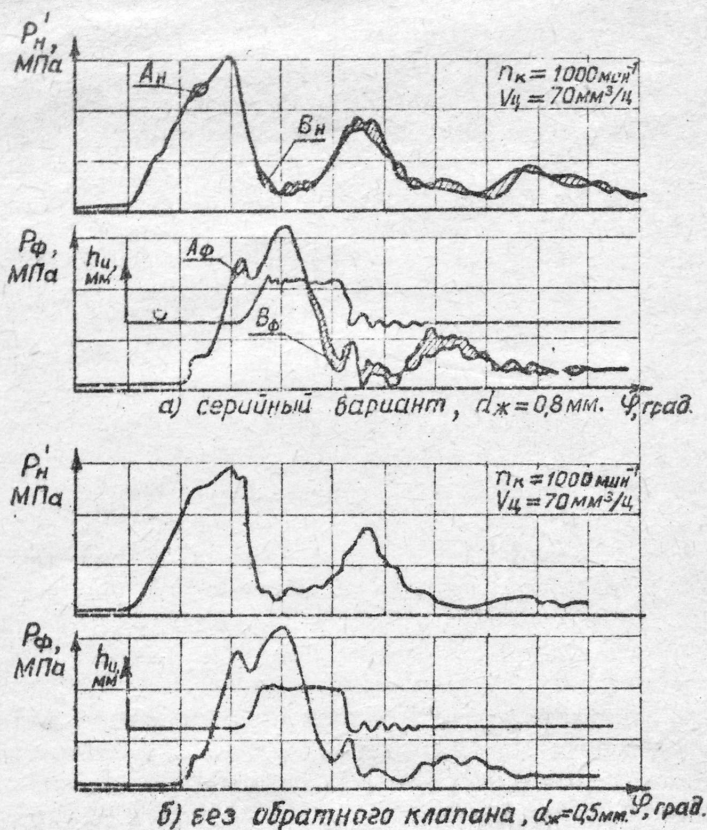


Рис.7. Осциллограммы давлений в штуцерах у насоса (P_H), у форсунки и перемещение иглы форсунки (h_u) в ТС с НД-21/2

В результате обработки осциллограмм ТС с НД-21/2 было установлено, что основные параметры процесса топливоподачи без СК с $d_{ж} = 0,5 \text{ мм}$ в ЛВД не уступают серийной комплектации. Процесс впрыскивания в ТС НД-21/2 без нагнетательного клапана на существующей в настоящее время конструкции менее интенсивен из всех рассмотренных вариантов.

В пятой главе представлены результаты анализа, определившие влияние индивидуальных особенностей ТН, ТА (один комплект ТН, топливопровод и форсунки, устанавливаемые на различные дизели) и самого дизеля Д-21А1 на мощностные и экономические

показатели внешней характеристики. На величину разброса Ne_{max} в равной степени оказывает влияние как дизели Д-21АІ, так и ТН НД-21/2 ($\sigma = 0,5 \text{ кВт}$), но величина разброса уменьшается (до $\sigma = 0,2 \text{ кВт}$) при установке на различные дизели одного и того же комплекта ТА. Частота, при которой достигается $Ne_{max} (n_N)$, определяется в большей мере самим дизелем (один ТН на 12 двигателей) $\sigma = 2 \text{ мин}^{-1}$, в то время как при установке 10ТН на один двигатель $\sigma = 13 \text{ мин}^{-1}$. На величину разброса g_{eN} на режиме Ne_{max} в равной степени оказывают влияние как дизели, так и ТА и $\sigma = 5 \text{ г/кВт} \cdot \text{ч}$.

Независимо от ТН Me_{max} наступает при одной и той же частоте (n_{dm}) для данного дизеля Д-21АІ (свойство инвариантности частоты, соответствующей максимальному крутящему моменту независимо от свойств ТН). Значения σ для Me_{max} составляет $3 \text{ Н} \cdot \text{м}$ (10ТН на один дизель) и $5 \text{ Н} \cdot \text{м}$ (один ТН на 12 дизелей), что свидетельствует о большем влиянии на этот показатель самого дизеля Д-21АІ, чем параметров ТН НД-21/2, но $\sigma = 3 \text{ Н} \cdot \text{м}$ при использовании одного комплекта ТА. Экономичность на этом режиме (g_{em}) в большей степени определяется самими дизелями, чем параметрами ТН и в целом ТА: соответственно σ составляет 14 и 10 г/кВт·ч в последних двух вариантах.

Результаты статистического анализа серийных внешних скоростных характеристик (механический корректор заменен жестким упором) показали, что корректорный запас крутящего момента (M_k) для дизелей Д-21АІ составляет $M + \sigma = (13,3 \pm 2,9)\%$, в то время как с серийным механическим корректором ($18,2 \pm 5,2\%$), значение $g_{em} = (245 \pm 11)$ и (265 ± 10) г/кВт·ч, уменьшение Me_{max} по внешней характеристике составило всего $4 \text{ Н} \cdot \text{м}$ по сравнению с серийной корректорной ветвью (125 ± 3 и $121 \pm 5 \text{ Н} \cdot \text{м}$).

Достаточно точно интервал рассеивания случайной величины M_k может быть принят 6σ , т.е. все значения корректорного запаса крутящего момента будут больше $M - 3\sigma$ и меньше $M + 3\sigma$ (теоретически только 0,27% значений случайной величины будут за пределами этого интервала). Следовательно, вероятность наступления события, при котором M_k будет составлять $\leq 5\%$ (определяемое техническими условиями завода-изготовителя) для дизелей Д-21АІ с жестким упором вместо механического корректора, ничтожно мала.

Моторными испытаниями установлено, что дымность отработавших газов (ОГ) дизеля Д-21АІ на корректорной ветви за режимом

практически одинаковы. Проблем с пуском во втором случае не наблюдалось и после длительной остановки.

Анализ 800-часовых испытаний на дизеле Д-21А1 без ОК в ТН с $d_{ж} = 0,5$ мм показал, что мощностные и экономические показатели стабильные и соответствуют ТУ завода-изготовителя, а также отмечается повышенная стойкость распылителей форсунок к коксованию, что можно объяснить более стабильным процессом впрыскивания и меньшей величиной остаточного давления (P_o) в топливопроводе.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основании проведенных в данной работе расчетно-теоретических и экспериментальных исследований можно сделать следующие выводы и рекомендации:

1. Предложенная уточненная методика гидродинамического расчета топливоподачи дает удовлетворительные как качественные, так и количественные совпадения с экспериментальными данными и позволяет рекомендовать ее для решения задач расчета и конструирования ТС с распределительным насосом НД.

2. В результате расчетно-теоретического анализа и экспериментальных исследований ТС с ТНВД НД-21 установлено:

а) исключение обратного клапана из ЛВД приводит к уменьшению цикловой подачи, но компенсирование ее возможно увеличением активного хода плунжера, при этом характеристика впрыскивания получена равноценная с серийной;

б) показатели процесса топливоподачи исследуемой ТА улучшаются при работе без ОК с измененным размером калиброванного отверстия в НК прямого действия с 0,8 на 0,5 мм;

в) варьированием конструктивно-регулирующих параметров (диаметра жиклера, величины фазы топливораспределения, удаления ОК или НК) возможно корректирование скоростных характеристик в широком диапазоне частот вращения кулачкового вала топливного насоса НД-21;

г) качество работы серийного ТН НД-21-3 без НК ухудшается, что подтверждается испытаниями на дизеле 24 IO,5/12, увеличением удельного расхода топлива и неблагоприятным протеканием внешней характеристики (M_k имеет отрицательные значения и дизель работает неустойчиво).

3. Проведенные моторные испытания ТС с ТНВД НД-21/2 без обратных клапанов в ЛВД с $d_{ж} = 0,5$ мм подтвердили результаты теоретических расчетов, безмоторных исследований и на дизеле

24 10,5/12 получено снижение удельного расхода топлива на 1-4 г/кВт·ч по сравнению с серийным топливным насосом.

Материалы диссертационной работы внедрены на ПО "Вильнюсский завод топливopодающей аппаратуры" и на ПО "Владимирский тракторный завод им.А.А.Жданова".

При выполнении работ по дальнейшему совершенствованию системы топливopодачи с распределительным насосом типа НД-21/2 на основе эксплуатационной проверки на 15 тракторах приняты к внедрению рекомендации удаления обратного клапана из линии высокого давления и изменению диаметра калиброванного отверстия с 0,8 на 0,5мм в нагнетательном клапане прямого действия.

Внедрение результатов диссертационной работы позволит получить экономический эффект на ВЗТА за счет снижения себестоимости изготовления топливных насосов НД-21 в размере 50 тыс.рублей в год, при этом ожидаемый экономический эффект в народном хозяйстве от снижения расхода топлива для дизелей 24 10,5/12 составит 450 тыс.рублей.

СПИСОК РАБОТ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1.Роганов С.Г., Борисов Б.Н., Волков В.И. Возможности гидрокоррекции в топливных насосах распределительного типа НД-21 /Владим.политехн.ин-т.- Владимир, 1985.- 16с.- Деп.в ЦНИИТЭИ-тракторосельхозмаш 05.03.85, №533.

2.Борисов Б.Н., Владимиров Н.А., Тореев С.В. Исследование работы дизеля Д-21А1 на корректорной ветви// Проблемы форсирования и надежности тракторных и комбайновых двигателей:Тез.докл. Отрасл.науч.-техн.конф.- Владимир, НИКТИД, 1985.- С.117-119.

3.Борисов Б.Н., Тореев С.В. Исследование возможности работы топливного насоса типа НД без нагнетательных клапанов //Совершенствование тракторных конструкций: Тез.докл. Всесоюзной науч.-техн.конф.- М.: НАТИ, 1985.- С. 28-29.

4.Борисов Б.Н., Роганов С.Г., Владимиров Н.А. Влияние нагнетательного клапана в распределительном насосе типа НД на процесс впрыскивания в дизелях //Проблемы совершенствования рабочих процессов в двигателях внутреннего сгорания: Тез.докл.Всесоюзной научн.-техн.конф.- М.: МАДИ, 1986.- С.154-155.

5.Роганов С.Г., Борисов Б.Н. О роли нагнетательного клапана в топливной системе с распределительным насосом типа НД //Перспективы развития комбинированных двигателей внутреннего сгорания и двигателей новых схем и на новых топливах: Тез.докл.Всесоюзной научн.-техн.конф.- М.: МВТУ, 1987.-С.92.

Подписано в печать 21.04.88. Ж 01160. Формат 60х84 1/16.
Бумага для мнсожт.техники.Печать офсетная.Усл.печ.л.0,93.
Усл.кр.-отт.0,93.Уч.-изд.л. 0,95. Тираж 100 экз.Зак. 104 Бесплатно.

Московское высшее техническое училище им.Н.Э.Баумана

107005 Москва, Лефортовская набережная, 1

Ротапринт Владимирского политехнического института

600029 Владимир, Горького, 87