

РОЛЬ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО ИНСТИТУТА ДВИГАТЕЛЕЙ (НИИД) В РАЗВИТИИ СПЕЦИАЛЬНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

ROLE OF THE RESEARCH INSTITUTE OF ENGINES (NIID) IN THE DEVELOPMENT OF SPECIAL TRANSPORT ENGINES

Н.И. ТРОИЦКИЙ, к.т.н.
МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Россия,
niktro17@rambler.ru

N.I. TROITSKIY, PhD in Engineering
Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russia,
niktro17@rambler.ru

Рассмотрена история создания и развития головного института Миноборонпрома СССР по двигателям – Научно-исследовательского института двигателей (в настоящее время – АО «НИИД»). С участием института проходила разработка и совершенствование практически всех послевоенных двигателей для бронетанковой техники – семейства 5ТД (6ТД), В2, 2В, УТД, ГТД-1000Т и его модификаций. Исследования и разработки института обеспечивали оказание всесторонней технической помощи заводам отрасли и создание опережающего научно-технического задела.

Ключевые слова: НИИД, история создания, двигатели для бронетанковой техники, научно-технический задел.

Для цитирования: Троицкий Н.И. Роль Научно-исследовательского института двигателей (НИИД) в развитии специальных транспортных двигателей // Тракторы и сельхозмашины. 2021. № 1. С. 6–13. DOI: 10.31992/0321-4443-2021-1-6-13.

The history of the creation and development of the head institute of the Ministry of Defense Industry of the USSR for engines – the Research Institute of Engines (nowadays JSC “NIID”) is considered. Institute participated in the development and improvement of almost all post-war engines for armored vehicles: the 5TD (6TD), V2, 2V, UTD, GTD-1000T families and its modifications. Research and development of the institute ensured the provision of comprehensive technical assistance to the factories of the industry and the creation of an advanced scientific and technical reserve.

Keywords: NIID, history of the creation, engines for armored vehicles, scientific and technical reserve.

Cite as: Troitskiy N.I. Role of the Research Institute of Engines (NIID) in the development of special transport engines. Traktory i sel'khoz mashiny. 2021. No 1, pp. 6–13 (in Russ.). DOI: 10.31992/0321-4443-2021-1-6-13.

В Советском Союзе существовала стройная система разработки и производства объектов вооружения и военной техники (ВВТ), а также создания научно-технического задела, позволяющая обеспечивать паритет и превосходство отечественных образцов ВВТ над зарубежными аналогами. В состав научно-исследовательских институтов 7-го Главного управления Миноборонпрома СССР, отвечавшего за бронетанковую технику, помимо головного предприятия – ВНИИ Транспортного машиностроения – входил ВНИИ Стали, ответственный за броневую защиту и НИИД – головной институт по двигателям бронетанковой техники – поршневым и газотурбинным.

Научно-исследовательский институт двигателей создан на базе лаборатории № 7, ранее – отдел нефтяных двигателей (ОНД) ЦИАМ им. П.И. Баранова. Со времени своего основания в 1930 г. ЦИАМ был одним из двух ведущих отделов института, другим был отдел бензиновых двигателей. Организатором и первым руководителем ОНД был выдающийся конструктор и ученый Алексей Дмитриевич Чаромский.



Алексей Дмитриевич Чаромский – начальник ОНД ЦИАМ, главный конструктор Завода имени В.А. Малышева по двигателям

Aleksey D. Charomskiy – Head of the Department of Oil Engines at the Central Institute of Aviation Motors, Chief Designer of the Plant of Engines named after Vyacheslav A. Malyshev

В 1930–40 гг. ОНД являлся передовой организацией в СССР по быстроходным дизелям. Здесь был создан самый мощный в мире в те годы авиационный дизель АН-1. Большое влияние ОНД оказал на создание танкового дизеля В-2, лучшего танкового мотора времен Великой Отечественной войны. На завершающем этапе доводки В-2 главным конструктором был назначен Т.П. Чупахин – ведущий сотрудник

ОНД, которому в 1941 г. за разработку новой конструкции дизеля была присуждена Сталинская премия.

В ОНД (позднее – лаборатория № 7) ЦИАМ работали такие известные ученые-двигателисты, как Т.М. Мелькумов, А.И. Толстов, Л.М. Белинский, И.В. Астахов, Д.А. Портнов, В.А. Кутовой, Б.Я. Гинзбург и др.

В 1952 г. в связи с прекращением работ по авиационным дизелям лаборатория № 7 была расформирована. В это время в авиации широко внедрялись газотурбинные двигатели, которые обеспечивали качественный скачок в основных характеристиках – скорости, грузоподъемности и высотности летательных аппаратов.

По инициативе начальника лаборатории № 7 профессора Анатолия Игнатьевича Толстова группа сотрудников лаборатории обратилась с письмом на имя И.В. Сталина с просьбой сохранить ее и передать заинтересованному ведомству. Просьба мотивировалась тем, что в лаборатории был накоплен большой опыт по разработке и испытаниям быстроходных дизелей. В октябре 1952 г. вышло Постановление Совета Министров СССР о выделении лаборатории из состава ЦИАМ им. П.И. Баранова и преобразовании ее в самостоятельную единицу – Научно-исследовательскую лабораторию двигателей (НИЛД) с подчинением Минтрансмашу СССР. Директором НИЛД был назначен профессор А.И. Толстов.

В дальнейшем НИЛД была переподчинена Миноборонпрому СССР (1957) и переименована в Научно-исследовательский институт двигателей (НИИД) (1958).



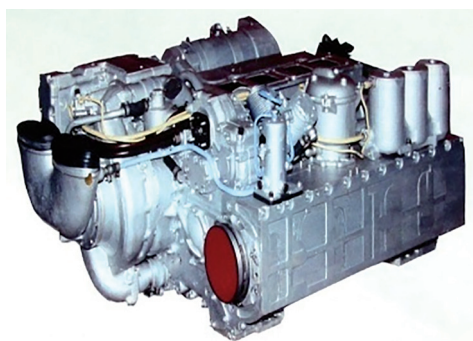
Анатолий Игнатьевич Толстов, заслуженный деятель науки и техники РФ – основатель и первый директор НИЛД-НИИД (1952–1966)

Anatoliy I. Tolstov, Honorary worker of science and technology of the Russian Federation – founder and first Director of the NILD-NIID (1952–1966)

Под председательством А.И. Толстова был организован Ученый совет, в состав которого вошли такие крупные ученые, как А.С. Орлин, В.В. Уваров, Ю.А. Степанов, М.А. Хайлов, главные конструкторы И.Я. Трашутин, Б.Г. Егоров.

За плечами НИИД – история развития отечественных дизелей: вначале (с 1930 г.) для авиации, а затем – с середины 1950-х г. – для наземной военной техники.

По предложению института, основанному на имевшемся у него конструкторском и экспериментальном заделе [1–3], с 1954 г. были развернуты работы по 2-тактному пятицилиндровому дизелю с противоположно движущимися поршнями для танка Т-64. Сотрудник института А.Д. Чаромский был назначен главным конструктором этого двигателя на Заводе имени В.А. Малышева (г. Харьков). В компоновке, расчетах, проведении исследований и доводке двигателя, получившего индекс 5ТД (позднее – 5ТДФ) (рис. 1), большую практическую помощь оказали специалисты института. Впоследствии, до принятия танка Т-64 с двигателем 5ТДФ на вооружение в 1967 г., в институте было выполнено более 200 работ по обеспечению заданных параметров рабочего процесса, надежности цилиндропоршневой группы, топливной аппаратуры, системы холодного пуска и других систем.



**Рис. 1. Двигатель 5ТДФ
(вид со стороны нагнетателя)**

*Fig. 1. 5TDF engine
(view from the supercharger side)*

В дальнейшем институт тесно сотрудничал с ХКБД Завода им. В.А. Малышева по созданию под руководством главного конструктора Н.К. Рязанцева форсированных модификаций этого двигателя в 6-цилиндровом исполнении – 6ТД (1000 л.с.), 6ТД-2 (1200 л.с.) и опытного двигателя 6ТД-АФ (1500 л.с.).

По мере возникновения задач росла и развивалась организационная структура инсти-

тута. Помимо КБ и основных тематических отделов по турбопоршневым и газотурбинным двигателям были созданы: отдел научно-технической информации, приборный отдел, позднее преобразованный в отдел вычислительной техники и разработки приборов для испытаний двигателей, отдел эксплуатации, отдел прочности, отдел горючесмазочных материалов, отдел стандартизации, патентное бюро, отдел испытаний двигателей, отдел метрологии, отдел народнохозяйственной продукции.

В 1964 г. с Московского тормозного завода институту было передано КБ по специальному электрооборудованию. Этим КБ в 1960-80 гг. был разработан ряд генераторов (Г-6,5, Г-731 и др.), стартер-генераторов (СГ-10 и СГ-18), пускорегулирующая аппаратура для двигателей. В дальнейшем КБ разработало вентильные генераторы мощностью от 6 до 30 кВт (ГП-6,5, ГП-10, ГП-26 и др.), превосходящие по удельным массогабаритным показателям коллекторные генераторы в 2...2,5 раза и генераторы переменного тока фирмы «Бош» в 1,25...2 раза.

В 1959 г. приказом Министерства обороны СССР в НИИД было учреждено военное представительство. Для лучшего взаимодействия с заводами и институтами отрасли были организованы базовые группы на заводе имени В.А. Малышева, на Челябинском тракторном заводе, в ЛНПО им. В.Я. Климова, на полигоне МО в Кубинке (с 1972 г. – 38 НИИИ БТТ).

В развитие института в 1960–80-е гг. большой вклад внес Лев Иванович Пугачев, который был директором НИИД на протяжении 25 лет (1966–1991).



**Лев Иванович Пугачев – директор НИИД
в 1966–1991 гг.**

Lev I. Pugachev, Director of the NIID in 1966–1991

Параллельно с работами по 5ТДФ институт постоянно участвовал в развитии модификаций двигателей семейства В2 [3–6]. На примере двигателей этого семейства можно проследить, как удачно выбранная конструктивная схема двигателя обеспечила ему невиданное долголетие и позволила использовать его модификации в четырех поколениях отечественных танков – Т-34, Т-54/55/62, Т-72 – и, наконец, современном Т-90. В декабре 2019 г. исполнилось 80 лет со времени создания этого двигателя. Семейство В-2 (главные конструкторы И.Я. Траштуин, В.И. Бутов, В.И. Гордеев, В.С. Мурзин) – это целая эпоха в отечественном танковом двигателестроении, в развитие которого институт также внес большое число принципиальных решений по совершенствованию рабочего процесса, топливной аппаратуры, цилиндропоршневой группы, схемы и агрегатов воздухопитания, а также методологии испытаний новых ГСМ и др.

Многолетние творческие связи институт имел и с конструкторским бюро Барнаульского завода транспортного машиностроения [6]. Этим КБ было разработано и освоено на производстве завода унифицированное семейство танковых дизелей УТД (главные конструкторы Е.И. Артемьев, Б.Г. Егоров). Семейство охватывало диапазон мощностей от 220 до 735 кВт (300...1000 л.с.) и нашло самое широкое применение в ВГМ и на колесных шасси.

В середине 1960-х г. в связи с разработкой танков нового поколения остро стал вопрос о создании компактной и мощной силовой установки на базе газотурбинного двигателя.

Отделом ГТД института, в составе которого в середине 1970-х гг. насчитывалось около 90 ИТР, в том числе 11 кандидатов наук, разрабатывались возможные пути реализации в газотурбинном двигателе специфичных требований, предъявляемых к двигателю транспортной машины. Были развернуты работы по расчету, конструированию и испытаниям основных узлов: турбин, компрессоров, камер сгорания, теплообменников, систем топливоподачи и регулирования, а также по решению таких проблемных для транспортного ГТД вопросов, как экономичность, тормозная мощность, приемистость [6].

Не останавливаясь на всех этапах пройденного пути, следует отметить лишь ряд пионерских работ, выполненных институтом:

– разработка совместно с ОКБ-6 ЧТЗ (главный конструктор В.Б. Михайлов) первого специального (а не конвертированного из вертолетного прототипа) танкового газотурбинного двигателя с теплообменником ГТД-700, заданные параметры которого были получены буквально с первого образца;

– разработка и экспериментальное исследование на модельном двигателе ТС-12М способов улучшения динамических и тормозных характеристик двухвального ГТД, в том числе проведенное впервые в СССР исследование регулируемого соплового аппарата силовой турбины для этих целей;

– разработка совместно с тем же КБ, впоследствии преобразованном в СКБ «Турбина», газотурбинного двигателя ГТД-ТЗ мощностью 320...450 л.с. для боевой машины пехоты БМП-1, который успешно прошел 300-часовые заводские стендовые испытания.

Создание ГТД мощностью 1000 л.с. для танка Т-80 было поручено ЛНПО им. В.Я. Климова (главный конструктор С.П. Изотов), одному из лучших ОКБ Минавиапрома по вертолетным двигателям. На Калужском моторном заводе с 1976 г. было организовано серийное производство этого двигателя. В 1977 г. танк Т-80 с двигателем ГТД-1000Т был принят на вооружение, на год раньше, чем разработанный в США танк М1 «Абрамс» с газотурбинным двигателем АГТ-1500. Создание танка Т-80 явилось важным этапом в развитии отечественного танкостроения и подтвердило достигнутый в СССР высокий уровень конструкторской мысли и технологических решений.

Дальнейшие опытные работы по танковому ГТД ЛНПО им. В.Я. Климова продолжало в направлении создания двигателей увеличенной мощности (ГТД-1000ТФ, ГТД-1250, ГТД-1250Г и ГТД-1500Г).

Институт принимал участие в испытаниях двигателей в ЛНПО им. В.Я. Климова, в пробеговых и войсковых испытаниях танков, провел ряд работ по снижению расхода топлива на режиме «малого газа», по созданию совместно с ЦНИИАГ (1972 г.) и экспериментальной отработке на стенде НИИД макетного образца системы автоматического и полуавтоматического переключения передач в КП.

Институт предложил перейти на алюминиевые радиаторы системы охлаждения, отработал конструкцию и технологию изготовления этих радиаторов, обеспечивающих снижение

массы и повышение в том же объеме тепло-рассеивающей способности примерно на 20 % по сравнению с латунными радиаторами. Алюминиевые радиаторы прошли необходимые виды испытаний и были введены в конструкторскую документацию ряда объектов.

С расширением работ по двигателям отрасли рос и развивался научный и производственно-экспериментальный потенциал института. После преобразования Челябинского филиала НИИД в самостоятельное предприятие СКБ «Турбина» в 1970 г. было принято правительственное решение о строительстве в подмосковном Солнечногорске экспериментально-производственной базы института (СЭБ) (рис. 2). Первая очередь строительства была введена в строй в 1986 г. и включала инженерно-лабораторный корпус, корпус экспериментальных стендов с производственным цехом и компрессорной станцией, электроподстанцию, градирню и обслуживающие системы. Общая площадь производственных и вспомогательных помещений составила 13 тыс. м².

К 1993 г. было в основном завершено создание в СЭБ комплекса экспериментальных стендов (2-я очередь). В составе СЭБ – более 25 стендов для испытаний дизелей и ГТД (мощ-

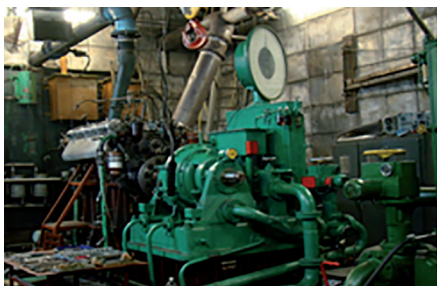
ностью от 3 до 1100 кВт), стенды для испытаний компрессоров и турбин, агрегатов наддува дизелей, теплообменных аппаратов, пылевых испытаний сопловых аппаратов турбин, одноцилиндровые установки, стенды для испытаний узлов и деталей двигателей из керамических конструкционных материалов, а также других узлов, агрегатов и отдельных элементов энергосиловых установок – всего около 30 стендов (рис. 3).

В состав испытательного комплекса [6] вошли: электроподстанция мощностью 16 тыс. кВт, система оборотного водоснабжения про-



Рис. 2. Испытательный корпус СЭБ НИИД

Fig. 2. Test building of the Solnechnogorsk Experimental Base (SEB) of the NIID institute



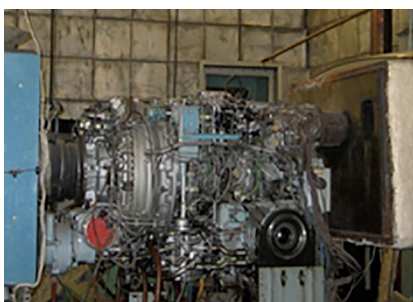
Двигатель В-92С2
V-92S2 engine



Радиатор
Radiator



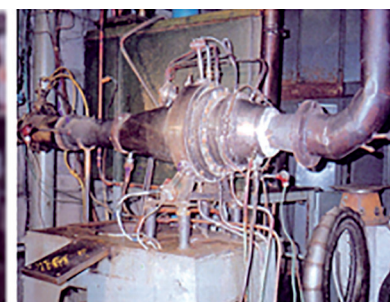
Холодильная камера
Cooling chamber



Двигатель ГТД-1250
GTD-1250 engine



Дизель-генератор
Diesel generator



Керамика до 1700 К
Ceramics up to 1700 K

Рис. 3. Некоторые стенды СЭБ НИИД

Fig. 3. Test benches of SEB NIID

изводительностью 430 м³/ч с теплосъемом 6,5·10⁸ кДж/ч, компрессорная станция производительностью 8 кг/с воздуха давлением 0,8 МПа, склад ГСМ, очистные сооружения для ливневых вод и другие инженерные сооружения. СЭБ НИИД была включена в государственный реестр уникальных стендовых испытательных баз организаций научной сферы.

С вводом СЭБ институт сформировался как аналитический, конструкторский и исследовательский центр специального танкового двигателестроения. В конце 1980-х гг. НИИД состоял из 14 тематических отделов с общей численностью около 700 человек, в том числе 6 докторов, 36 кандидатов технических наук.

В институте сложились общепризнанные научные школы по рабочему процессу двигателей, разработке цилиндропоршневой группы ТПД, центробежных компрессоров и другие.

К числу важных проблем развития отечественного дизелестроения, решенных институтом в 1960–1980 гг., следует отнести вопросы работы дизеля на различных сортах топлива («многотопливность») и обеспечение его «холодного» пуска при температуре ниже минус 10...20 °С.

В рамках прикладных НИР были исследованы возможности применения в силовых установках объектов БТВТ двигателей новых схем, в том числе роторного двигателя с воспламенением от сжатия, «адиабатного» двигателя, возможности автономного движения объекта по дну водоемов без доступа воздуха, проблемы аккумулирования энергии в силовых установках с механическими накопителями, пути создания малоразмерных энергоагрегатов, системы электронного управления топливоподачей в ТПД и ГТД, новые схемы турбонаддува и другие. Была разработана методология диагностирования технического состояния двигателей и оценки их надежности по результатам эксплуатации. В 1980-х гг. институтом был проведен большой комплекс работ по разработке и применению конструкционных керамических материалов в ТПД и ГТД (тема «Аксиома»).

Многие проведенные в НИИД работы были доведены до практической реализации в ОКР, другие пока ждут своего времени для внедрения и составляют так называемый научно-технический задел.

Институт проводил регулярные исследования по анализу технического уровня и направлений развития отечественных и зарубежных



**Николай Иванович Троицкий –
генеральный директор НИИД в 1991–2011 гг.**

*Nikolay I. Troitskiy, General Director
of the NIID in 1991–2011*

двигателей с изучением и оценкой наиболее интересных разработок зарубежных фирм. Информцентр НИИД ежеквартально выпускал сборники «Анализ технического уровня транспортных двигателей», которые пользовались заслуженным вниманием многих предприятий и организаций отрасли.

Институтом, как базовой организацией отрасли по стандартизации, выпущены свыше 90 нормативных документов (ГОСТы, ОСТы и другие), проведены работы по каталогизации и оценке надежности двигателей БТВТ, совершенствованию методов стендовых испытаний двигателей.

В конце 1990-х гг. был проведен комплекс работ по модернизации двигателей объектов БТВТ, завершившихся созданием двигателя В-92С2 мощностью 735 кВт (1000 л.с.) в ЧТЗ (главные конструкторы В.И. Бутов, В.С. Мурзин) (рис. 4). Институт настоял

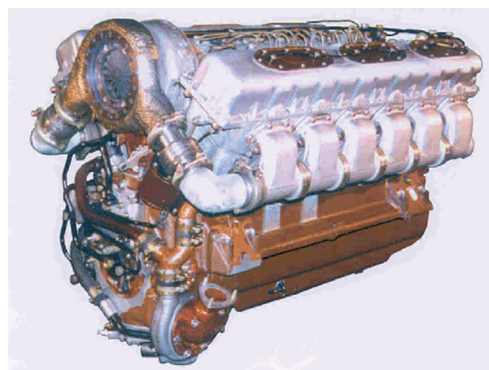


Рис. 4. Двигатель В-92С2

Fig. 4. V-92S2 engine

на разработке двигателя со свободным турбокомпрессором (а не с приводным компрессором с турбиной подкрутки, как было первоначально принято). Необходимый для В-92С2 турбокомпрессор был ранее спроектирован в НИИД и изготовлен в СКБ «Турбина». Для обеспечения повышенного теплосъема, связанного с 20%-м увеличением мощности двигателя, НИИД предложил использовать алюминиевые радиаторы и обеспечил их изготовление и поставку.

В 1999 г. три танка Т-90С с радиаторами системы охлаждения, изготовленными в НИИД, успешно прошли в Индии испытания, предшествовавшие заключению контракта на поставку 300 танков Т-90, который существенно оживил танковую отрасль, находившуюся до того в состоянии упадка.

С начала 2000-х гг. в НИИД началось освоение мелкосерийного производства алюминиевых радиаторов для систем охлаждения силовых установок танков Т-80 и Т-90, и сегодня эта продукция составляет значительный объем производственных работ института [6, 7].

Совместно с ВНИИ НП и заводами отрасли в 1999–2002 гг. был проведен комплекс работ по созданию всесезонного термостабильного масла для высокофорсированных дизелей, завершившихся организацией серийного производства масла М5з/16Д.

В 1990–2000 гг. институт провел НИР по повышению надежности поршней высокофорсированных ТПД и созданию элементов электронных систем топливоподачи и регулирования [7].

По решению Российского агентства по обычным вооружениям и ГАБТУ МО РФ в 2001 г. при НИИД был создан межотраслевой Координационный Совет по проблемам развития перспективных силовых установок для объектов БТВТ, в состав которого вошли представители более 30 предприятий и организаций отрасли и заказчика [7].

Научно-технический потенциал института успешно был применен в конверсионных разработках. В частности, в работах по Московской программе использования альтернативных видов моторного топлива на автомобильном транспорте города в 2005–2008 гг. отработана топливная аппаратура двигателя автомобиля «Бычок» на экологически чистом моторном топливе – диметилэфире. Несколько автомо-

билей с такой дублирующей системой топливоподачи успешно прошли предварительные испытания и опытную эксплуатацию.

Все достижения НИИД в проведении научных исследований и конструкторских разработок основаны на прочных деловых связях с КБ и заводами отрасли. Институт всегда имел обширные научные связи с предприятиями отрасли и заказчика, организациями академии наук, вузами, прежде всего с МГТУ им. Н.Э. Баумана, в составе которого совместным приказом вышестоящих министерств были определены две базовые кафедры (Э2 и Э3), МАМИ, МАДИ и др., отраслевыми НИИ – ЦИАМ им П.И. Баранова, ЦНИДИ, НАТИ, ЦНИТА, 22, 38 и 45 НИИИ МО и др.

В соответствии с Указом Президента РФ от 27 августа 2007 г. институт введен в состав интегрированной структуры – АО «Научно-производственная корпорация «Уралвагонзавод» и в январе 2009 г. преобразован в акционерное общество АО «НИИД».

В последние годы институт во многом утратил свои передовые позиции, однако имеющийся научно-технический задел и технические возможности его испытательной базы в г. Солнечногорске могут позволить решить многие вопросы по развитию и отработке транспортных двигателей.

Наука в РФ сейчас переживает тяжелые времена. Доля ее финансирования в бюджете в 2–3 раза ниже, чем во многих других странах. Завершить эту статью мне хочется словами Жолио Кюри: «Страна, которая уничтожает свою науку, неизбежно превращается в колонию».

Литература

1. Чаромский А.Д. Опыт исследования, создания и развития турбопоршневых двигателей: дис. ... на соискание уч. степ. д.т.н. НИЛД, 1953.
2. Толстов А.И. Индикаторный период запаздывания воспламенения и динамика цикла быстроходного двигателя с воспламенением от сжатия // Исследование рабочих процессов в быстроходных дизелях. Труды НИЛД № 1. М., Машгиз. 1955.
3. Астахов И.В. Гидравлический расчет и выбор основных параметров топливных систем двигателей с воспламенением от сжатия // Исследование рабочих процессов в быстроходных дизелях. Труды НИЛД № 1. М., Машгиз. 1955.

4. Портнов Д.А. Быстроходные турбопоршневые двигатели с воспламенением от сжатия. М. Машгиз. 1963.
 5. Кутовой В.А. Распыливание топлива дизельными форсунками. Труды НИИД. 1959. № 8.
 6. Научно-исследовательский институт двигателей – 50 лет в двигателестроении; под ред. Н.И. Троицкого. М., Изд. ПКФ «Аллана», 2002. 319 с.
 7. Троицкий Н.И., Лавров М.Н. 60 лет в специальном танковом двигателестроении // Двигатель. 2012. № 5 (83). С. 44–47.
- ### References
1. Charomskiy A.D. Opyt issledovaniya, sozdaniya i razvitiya turboporshnevyykh dvigateley. Dissertatsiya na soiskaniye uch. step. d.t.n. [Experience in research, creation and development of turbo-piston engines: Dissertationo for Degree of DSc in Engineering], NILD, 1953.
 2. Tolstov A.I. Ignition lag indicator period and cycle dynamics of a high speed compression ignition engine. Trudy NILD № 1. Issledovaniye rabochikh protsessov v bystrokhodnykh dizelyakh. Moscow: Mashgiz Publ., 1955.
 3. Astakhov I.V. Hydraulic calculation and selection of the main parameters of the fuel systems of engines with compression ignition. Trudy NILD No 1. Issledovaniye rabochikh protsessov v bystrokhodnykh dizelyakh. Moscow: Mashgiz Publ., 1955.
 4. Portnov D.A. Bystrokhodnyye turboporshnevyye dvigateli s vosplamneniyem ot szhatiya [High speed compression ignition turbo piston engines]. Moscow: Mashgiz Publ., 1963.
 5. Kutovoy V.A. Fuel atomization with diesel injectors. Trudy NIID. 1959. No 8.
 6. Nauchno-issledovatel'skiy institut dvigateley – 50 let v dvigatelestroyenii [Research Institute of Engines – 50 years in engine building]. Pod red. Troitskogo N.I. Moscow: Izd. PKF «AllanA» Publ., 2002. 319 p.
 7. Troitskiy N.I., Lavrov M.N. 60 years in special tank engine building. Dvigatel'. 2012. No 5 (83), pp. 44–47.