

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной работе Федерального
государственного бюджетного образовательного
учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский
государственный морской технический университет»
доктор технических наук, профессор

Никущенко Д.В.

« 26 » ноября 2018 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертацию Исаевой Марины Васильевны «Разработка инвариантных экспериментально-теоретических моделей для контроля теплонапряженности цилиндропоршневой группы судовых дизелей по косвенным параметрам», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.08.05 «Судовые энергетические установки и их элементы (главные и вспомогательные)».

Актуальность диссертационной работы

Долговечность судовых дизелей во многом зависит от работоспособности деталей, образующих камеру сгорания. При работе двигателя эти детали находятся в состоянии механической и тепловой напряженности. Если механическая напряженность детали обусловлена, в основном, силами давления газов, то тепловую напряженность связывают с температурой нагрева детали и температурными напряжениями, которые возникают из-за температурных градиентов. С повышением температуры снижаются прочностные свойства материала, ускоряется процесс зарождения усталостных трещин и соответственно сокращается число циклов нагружения до разрушения детали. Процессу накоплению усталостных повреждений сопутствует циклическое изменение температуры и температурных напряжений. В этих условиях правильнее говорить о термомеханической усталости рассматриваемых деталей.

Поскольку между долговечностью деталей цилиндропоршневой группы и температурой их нагрева существует вполне определенная зависимость, то согласно ей температуру естественно следует ограничивать. Тем самым можно предотвратить причину термомеханической усталости материала и, в конечном счете, повысить эксплуатационную надежность дизеля. Однако при этой логической ясности возникают вопросы о косвенных способах измерения температуры деталей работающего двигателя и о том насколько

надо ограничивать температуру нагрева деталей. Пожалуй, первой работой, в которой даны ответы на поставленные вопросы, является рассматриваемая диссертация. Учитывая необходимость улучшения ресурсных показателей судовых дизелей, тему диссертации следует считать актуальной.

Научная новизна исследований и полученных результатов

Новизна диссертации определяется ее теоретическими положениями, которые изложены во второй главе диссертации. В ней сформулированы основные принципы, методы и алгоритмы получения инвариантных экспериментально-теоретических аналитических зависимостей для контроля теплонапряженности деталей цилиндропоршневой группы судового дизеля по косвенным параметрам. Основой для получения данных зависимостей (в диссертации они называются моделями или уравнениями поверхностей) служат параметры, которые доступны для оперативного контроля и одновременно обладают информативностью. Иначе говоря, этими зависимостями устанавливаются взаимосвязи между показаниями штатных приборов и температурным состоянием деталей судового дизеля. По своей сути эти зависимости являются эталонными уравнениями, по отношению к которым предлагается оценивать температурное состояние деталей по параметрам, которые можно измерить доступными средствами.

Научная новизна полученных результатов определяется тем, что предлагаемые алгебраические зависимости следует рассматривать в качестве теоретически обоснованных ограничительных характеристик дизеля по тепловой напряженности его деталей. Более того, эти зависимости могут выступать в роли диагностических уравнений, позволяющих в условиях ограниченной информации распознавать технические неисправности двигателя. Доказательством использования предлагаемых аппроксимирующих зависимостей в виде диагностических уравнений служат рисунки 4.1, 4.2 и 4.3, где на одном графическом поле совмещены эталонные значения и фактически замеренные параметры при различных искусственно созданных неисправностях дизелей. Между тем, вызывает недоумение: почему этот весьма важный аспект работы не нашел своего отражения в выводах по диссертации.

Практическая значимость полученных результатов

Практическая значимость диссертационной работы заключается в ее направленности. Все изложенное в ней касается установления допустимых режимов работы судового дизеля, что своего рода является гарантией сохранения показателей его надежности в заданных пределах. Выбор теплонапряженности в качестве параметра ограничения поля

возможных режимов работы двигателя объясняется тем, что при повышенных температурах (более 200 °С) снижаются прочностные свойства материала детали, растут температурные напряжения из-за неравномерного нагрева и снижается их долговечность.

Однако отсутствие технической возможности измерять температурное состояние теплонапряженных деталей на работающем двигателе привело к появлению различных критериев, позволяющих оценивать тепловую напряженность деталей условно в зависимости от геометрических размеров цилиндра и показателей рабочего процесса. В эксплуатационной практике теплонапряженность оценивают по температуре отработавших газов. Считается, что температура газов прямо связана с температурой рабочего цикла и определяет интенсивность подвода теплоты к деталям, образующих камеру сгорания. Увеличение температуры отработавших газов влечет за собой повышение температуры нагрева деталей и усиливает их неравномерный нагрев. Все данные способы имеют один общий недостаток – они не претендуют на количественную оценку теплонапряженности.

В отличие от них рассматриваемая работа предлагает принципиально новый подход, согласно которому теплонапряженность количественно определяется величиной фактического отклонения контролируемых параметров дизеля от их эталонных значений. Если учитывать большое число таких параметров, то трудоемкость решаемой задачи резко возрастает. Возможно понимая это, Исаева М.В. ограничилась рассмотрением только тех параметров, которые в наибольшей степени оказывают влияние на нагрев деталей. В результате были получены простые алгебраические уравнения, позволяющие устанавливать допустимые по теплонапряженности режимы работы судовых дизелей с точностью, достаточной для эксплуатационной практики. Более того, графическая интерпретация этих зависимостей в двумерных координатах наглядно показывает как относительно просто решать чрезвычайно сложную задачу по тепловой напряженности деталей двигателя внутреннего сгорания.

Степень обоснованности и достоверности научных результатов и выводов

Степень обоснованности и достоверности научных результатов определяется тем, что все приведенные в диссертации теоретические исследования базируются на экспериментальных данных. Поэтому особого внимания заслуживают многочисленные эксперименты, результаты которых позволили соискателю получить эталонные зависимости для определения режимов работы двигателя допустимых по температурному уровню его теплонапряженных деталей.

Такие экспериментальные исследования были проведены на двигателе 1С17,5/24 для серии нагрузочных характеристик. Полученный при этом массив экспериментальных

данных составил 48 чисел. Аналогичные опыты с целью получения экспериментальных данных проведены на дизелях 6ЧН 25/34-3 и 12ДРН 23/30 (40ДМ). Что касается массива опытных данных при работе дизеля по винтовой характеристике, то они получены во время стендовых испытаний судового двигателя 6ДКРН 42/136-10. Обработка полученных массивов экспериментальных данных для каждого упомянутого дизеля в отдельности привела к появлению аппроксимирующих уравнений, которые служат эталонными функциями для контроля теплонпряженности деталей камеры сгорания. Сопоставление опытных и расчетных значений не превысило 4%.

Во многом сказанное служит доказательством обоснованности сформулированных соискателем цели исследования и научными задачами, решение которых позволило достичь заявленной цели. Решение указанных задач выполнялось достаточно корректно с использованием экспериментальных исследований и численных методов линейной алгебры. В определенной мере все это служит свидетельством научной зрелости автора диссертации.

Значимость для науки и практики выводов и рекомендаций диссертации

Научная значимость рассматриваемой диссертационной работы заключается в предлагаемой методологии решения сложных задач из области теплотехники. По образному выражению, методология указывает наикратчайший путь к цели. Важность методологии в науке подчеркивал еще П. Лаплас. Он говорил, что знание методологии, которой пользовался ученый, делая гениальное открытие, не менее важно для науки, чем само открытие.

Переходя от философских высказываний к данной работе, отметим, что предлагаемые в ней методологические принципы решения задачи о допустимом уровне теплового состояния деталей цилиндропоршневой группы в безразмерном представлении измеряемых параметров отличаются универсальностью и могут быть применены к решению широкого круга задач. Данные принципы из 7 пунктов сформулированы в диссертации, хотя из них первые три трудно назвать основополагающими.

К практической значимости диссертации следует отнести способ получения эталонных зависимостей, посредством их удастся весьма быстро и главное эффективно оценивать тепловую напряженность деталей камеры сгорания. Также достаточно легко с их помощью определять запас надежности по тепловой напряженности этих деталей.

Прикладной характер работы подтверждается справками о возможности внедрения результатов диссертационного исследования в ООО «СРП ПРЕГОЛЬ» и ЗАО «Вестрыбфлот», а также актом о внедрении результатов в учебный процесс Калининградского государственного технического университета.

Основное содержание работы

Рецензируемая диссертация состоит из введения, четырех глав и заключения с основными результатами, содержит 146 страниц машинописного текста, 35 рисунков и 10 приложений на 20 страницах. Список литературы включает в себя 85 наименований.

Диссертация оформлена качественно, написана технически грамотным языком, доступным для понимания, и дает представление о ее научной новизне, практической значимости, личном участии соискателя в получении и обоснованности приведенных теоретических и экспериментальных результатов.

По теме диссертации опубликовано 16 печатных работ, из них 5 – это статьи в изданиях из перечня ВАК. В основном эти статьи отражают результаты, полученные автором в процессе подготовки диссертации. По теме диссертации получено одно свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ.

Автореферат включает в себя основные положения диссертационной работы, дает полное представление о работе в целом. Диссертация и автореферат оставляют хорошее впечатление.

В первой главе диссертации рассмотрено влияние различных эксплуатационных факторов на теплонапряженность деталей цилиндропоршневой группы. Среди этих факторов особенно выделены: параметры окружающего воздуха, техническое состояние деталей и топливной аппаратуры, степень наддува и охлаждение наддувочного воздуха. Особое внимание уделено существующим критериям оценки теплонапряженности деталей. Совершенно правильно указан недостаток этих критериев – их большая условность, поскольку они выражаются через параметры, косвенно влияющие на температурное состояние двигателя. Приведены показатели теплонапряженности и доказано, что удержание этих показателей на допустимом уровне на всех эксплуатационных режимах работы дизеля является важной задачей, решение которой способствует повышению его надежности. Логическим завершением главы служит сформулированные соискателем цель исследования и задачи достижения этой цели.

Вторая глава диссертации полностью посвящена рассмотрению принципов и методов получения аналитических зависимостей, с помощью которых удастся контролировать теплонапряженность деталей цилиндропоршневой группы судового дизеля по показателям штатных приборов. По сути, эти зависимости являются ограничительными характеристиками по температуре. Соответственно предложено два алгоритма формирования таких зависимостей. Первый применим тогда, когда имеется полная информация о измеряемых параметрах двигателя. Второй алгоритм реализуется в тех случаях, когда информация о входных параметрах представлена частично.

Третья глава по своей направленности является продолжением предыдущей главы. Если во второй главе представлены теоретические положения получения зависимостей для контроля теплонпряженности деталей, то здесь показана их практическая реализация на конкретных примерах. Особо следует выделить способ аппроксимации результатов испытаний двигателя 1С17,5/24 (на рис. 3.1 это трехцилиндровый дизель) по пяти нагрузочным характеристикам в пределах от 430 до 630 мин⁻¹. Полученные аппроксимирующие полиномы представляют зависимость температуры отработавших газов от часового расхода топлива и частоты вращения. Аналогичным образом получены подобные зависимости для судовых дизелей 12ДРН 23/30 (40ДН), 6ДКРН 42/136-10 и 6ЧН 25/34-3. Напрашивается замечание по дизелю 40ДМ, выбранного в качестве объекта исследования. Эти дизеля уже давно не выпускаются, а поэтому приведенные аппроксимирующие уравнения (3.19) и (3.23) не представляют практической ценности.

В четвертой главе обсуждаются диагностические возможности предлагаемых эталонных зависимостей. На примере двигателей 1С 17,5/24 и 6ЧН 25/34-3 показано, каким образом можно выявлять искусственно созданные неисправности. Подтверждением этой возможности служат совмещенные на одном графическом поле эталонные прямые и результаты экспериментальных замеров. Соответственно предлагается осуществлять диагностирование по отклонениям фактических параметров от их эталонных значений. Однако цель диагностирования - это распознавание неисправностей в условиях ограниченной информации по косвенным показателям. Если исходить из данного понятия, то становится ясным: распознать неисправности с помощью предлагаемого способа диагностирования невозможно, можно лишь определить общее технического состояния двигателя.

Заключение содержит выводы по работе в целом. С нашей точки зрения эти выводы весьма расплывчатые и не конкретные, а п.1 вообще представляется тривиальным по содержанию.

Замечания по работе

Недостатков, носящих принципиальный характер, в работе не выявлено, имеются лишь некоторые замечания, касающиеся неточностей в изложении представленного материала и его краткости. Среди таких замечаний выделим следующие.

1. Непонятно, зачем три страницы (17, 18, 19) диссертации посвящены доказательству того, что при работе двигателя по винтовой характеристике зависимость для крутящего момента представляет собой квадратичную параболу от частоты вращения, а зависимость для мощности – кубическую параболу. Эти зависимости общеизвестны и отчасти справедливы только для водоизмещающих судов.

2. Приведенная на рисунке 1.1 графическая зависимость коэффициента момента от относительной поступи гребного винта чрезмерно упрощена. В действительности эта зависимость криволинейная и определяется по кривым действия гребного винта.

3. Трудно согласиться с тем, что на с.44 и рис. 2.3 поле возможных режимов работы судового дизеля ограничивается «справа и слева вертикалями». Это не вертикали, а регуляторные характеристики, которые при наличии статического регулятора частоты вращения имеют наклон, величина которого зависит от оборотов двигателя.

4. Предлагаемые в диссертации экспериментально теоретические аппроксимации, по своей сути, являются эталонными уравнениями, по отношению к которым оценивается температурное состояние деталей цилиндропоршневой группы. Получены эти уравнения по результатам стендовых испытаний дизелей и не учитывают характеристики длительной прочности материала рассматриваемых деталей. Считаем, что рассуждать о запасе тепловой напряженности деталей без данного учета не совсем корректно.

5. После прочтения диссертация складывается впечатление, что под теплонапряженностью деталей автор понимает только температуру отработавших газов. Напомним, теплонапряженность определяется температурным состоянием конкретной детали. Естественно возникает вопрос: какой аналитической зависимостью связаны между собой температура отработавших газов и температура нагрева поршня, головки цилиндра и цилиндрической втулки.

Заключение по диссертационной работе

Актуальность выполненных исследований, научная новизна полученных результатов, их практическая и теоретическая значимость дают основание считать, что диссертация Исаевой Марины Васильевны на тему «Разработка инвариантных экспериментально-теоретических моделей для контроля теплонапряженности цилиндропоршневой группы судовых дизелей по косвенным параметрам», представляет собой завершённую научно-исследовательскую работу, в которой решена важная для судостроения прикладная задача по повышению эксплуатационной надёжности дизелей за счёт определения режимов, допустимых по тепловой напряженности их деталей. Реализация предлагаемых технических решений позволяет повысить долговечность судовых двигателей внутреннего сгорания.

Диссертационная работа соответствует содержанию паспорта специальности 05.08.05 - Судовые энергетические установки и их элементы (главные и вспомогательные) и отвечает требованиям пункта 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от

24.09.2013 г. № 842, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук.

Автор диссертации Исаева Марина Васильевна заслуживает присуждения искомой ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.08.05 - Судовые энергетические установки и их элементы (главные и вспомогательные).

Отзыв подготовил
кандидат технических наук, профессор, профессор кафедры судовых двигателей внутреннего сгорания и дизельных установок Санкт-Петербургского государственного морского технического университета, один из авторов двух учебников с грифом Минобрнауки РФ:

1. Прочность судового оборудования. Часть 1. Конструирование и расчеты прочности судовых двигателей внутреннего сгорания, 2006 г., 536 с.
2. Судовые энергетические установки. Судовые дизельные энергетические установки, 2007 г., 622 с.

Румб Виктор Карлович

Отзыв рассмотрен и обсужден на кафедре судовых двигателей внутреннего сгорания и дизельных установок Санкт-Петербургского государственного морского технического университета, (протокол от 14 ноября, № 9/2018) и одобрен единогласно в качестве официального отзыва ведущей организации.

Заведующий кафедрой
судовых двигателей внутреннего сгорания и дизельных установок
Санкт-Петербургского государственного морского технического университета кандидат
технических наук, доцент

Столяров Сергей Павлович

ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный морской технический университет»,
190121, Санкт-Петербург, ул. Лоцманская, дом 3.

Телефон 8(812)494-09-52.

