

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Комсомольский-на-Амуре государственный университет»

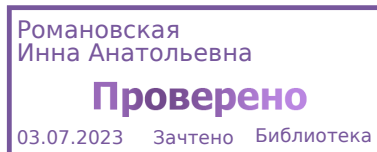
На правах рукописи

Пухов Алексей Александрович

**Исследование способа регулирования двигателя
внутреннего сгорания с целью улучшения его
энергоэффективности на режимах частичных нагрузок**

Направление подготовки
27.04.04 «Управление в технических системах»

АВТОРЕФЕРАТ
МАГИСТЕРСКОЙ ДИССЕРТАЦИИ



2023

Работа выполнена в ФГБОУ ВО «Комсомольский-на-
Амуре государственный университет»

Научный руководитель

Кандидат технических
наук, доцент кафедры ТЭУ
Гринкруг Мирон Соломонович

Рецензент

Кандидат технических наук,
Бакаев Виктор Викторович

Защита состоится «30» июня 2023 года в 9 часов 00 мин на заседании государственной экзаменационной комиссии по направлению подготовки 27.04.04 «Управление в технических системах» в Комсомольском-на- Амуре государственном университете по адресу: 681013, г. Комсомольск-на- Амуре, пр. Ленина, 27, ауд. 104/3.

Автореферат разослан 20 июня 2023 г.

Секретарь ГЭК

А.В. Бузикаева

Общая характеристика работы

При работе двигателя внутреннего сгорания на нагрузку в составе дизельной электростанции зачастую мощностные режимы значительно отклонены от оптимальных с точки зрения эффективности выработки электроэнергии параметров. В первую очередь это происходит из-за неравномерности нагрузки, которая определяется характером функционирования потребителей от того изменчива по времени, зачастую оставаясь значительно ниже номинальной нагрузки. Работа двигателя на режиме частичных нагрузок сопровождается снижением эффективного КПД и, как следствие, снижением электрического КПД. При этом, зачастую не представляется возможным обеспечивать равномерность нагрузки путём варьирования характера подключения потребителей, поскольку они в значительной мере зависят целей производств, образа жизни людей и иных факторов, не поддающихся коррекции. В связи с этим возникает потребность в регулировании работы самого двигателя таким образом, чтобы даже в условиях работы в отстоящем от номинального режиме, эффективность выработки электроэнергии с его помощью оставалась высокой. Поиском и анализом способа подобного регулирования была посвящена данная работа.

Объектом исследования являлся двигатель внутреннего сгорания, работающий по циклу Дизеля в составе дизельной электростанции на режимах частичных нагрузок.

Предметом исследования являлся способ управления двигателем внутреннего сгорания, работающим по циклу Дизеля на режимах частичных нагрузок.

Целью данной работы являлась разработка способа управления двигателем внутреннего сгорания, работающего по циклу Дизеля в составе дизельной электростанции для повышения эффективности его работы на режимах частичных нагрузок. Для достижения поставленной цели, были выполнены следующие **задачи**:

1. Разработан способ управления двигателем, соответствующий целям работы.

2. Разработана программа расчёта параметров работы двигателя на различных режимах для оценки влияния созданного способа управления на работу двигателя.

3. Проведена оценка технической и экономической состоятельности разработанного способа управления.

Методы научного исследования были основаны на системном анализе, математическом моделировании, анализе экспериментальных данных.

Основные положения, выносимые на защиту:

1. Способ управления двигателем внутреннего сгорания, работающего по циклу дизеля в составе ДЭС на частичных нагрузках, повышающий его эффективность.

2. Программа для расчёта ключевых параметров работы двигателя.

3. Оценка эффективности предложенного способа управления.

Научная новизна:

Был разработан способ управления дизельным двигателем внутреннего сгорания, увеличивающий его эффективность при работе на режимах частичных нагрузок, который не был упомянут в широкой литературе для данных условий и объектов исследования. Создана расчётная программа для расчётов ключевых параметров цикла работы двигателя внутреннего сгорания в соответствии с целями исследования.

Практическая значимость и реализация.

Заключается в том, что результаты исследования могут быть использованы для организации более эффективной работы дизельных электростанций и, как следствие, привести к увеличению экономичности выработки электроэнергии.

Апробация результатов работы. Основные результаты работы докладывались на следующих конференциях:

V Международная научно-практическая конференция: «Производственные технологии будущего: от создания к внедрению», (Комсомольск-на-Амуре, 6-11 декабря 2021 г.);

V Всероссийская национальная научная конференции молодых ученых: «Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований», (Комсомольск-на-Амуре, 11-15 апреля 2022 г.).

Краткое содержание диссертационной работы

Во введении обоснована актуальность темы, раскрыта проблематика научного исследования, сформулированы цели и задачи, отражена новизна и практическая значимость диссертационного исследования.

В первой главе произведён детальный анализ проблемы снижения эффективности выработки электроэнергии с помощью дизельных электростанций при работе их на частичных нагрузках. Приведены литературные данные о величинах снижения КПД и дана оценка величине падения эффективности выработки электроэнергии при работе ДВС в условиях реальной динамики нагрузки.

Во второй главе произведён анализ существующих способов управления двигателем внутреннего сгорания на основе литературных данных, работающего по циклу Дизеля, рассмотрены достоинства и недостатки каждого метода.

В третья глава посвящена обзору существующего уровня научно-технических достижений в области регулирования ДВС на основе патентной информации.

В четвёртой главе описан предлагаемый в данной работе способ регулирования ДВС в составе ДГ с целью повышения эффективности его работы на промежуточных нагрузках. Показана упрощённая схема системы регулирования, дано описание её работы.

В пятой главе описаны принятые в ходе расчётов модели и допущения, проведён анализ их адекватности, дана оценка эффективности предлагаемого способа регулирования.

Согласно проведённому анализу, созданная расчётная программа, основывавшаяся на принятых моделях, показала достаточно точный результат по характеру изменения параметров работы цикла при изменении начальных параметров. Результаты сравнения изменения параметров цикла при различных начальных условиях с ожидаемыми изменениями представлены на рисунках 1-3.

Снижение давление наддува приводит к снижению начальной температуры воздуха на входе в цилиндр. Как следствие, происходит изменение в процессах, предшествующих воспламенению топлива. Увеличивается время протекания предпламенных реакций и количество предварительно испаряемого топлива, что приводит к более позднему воспламенению топлива и меньшему относительному приросту давления в ходе объёмного горения топлива. Эти изменения показаны на рисунке 1.

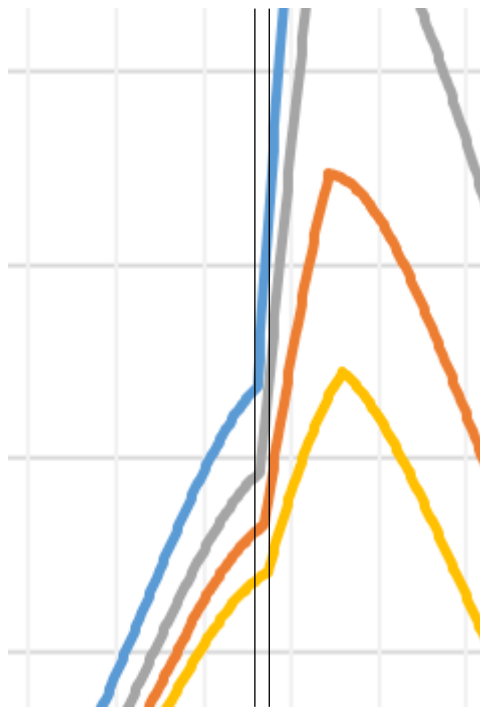


Рисунок 1 – Изменение угла воспламенения при снижении мощности ДВС

С уменьшением мощности ДВС, коэффициент избытка воздуха растёт. Это приводит к тому, что скорость распространения фронта пламени снижается. Это приводит к меньшей скорости прироста давления. На графике

это заметно по меньшему тангенсу угла наклона графика давления на частичных режимах в сравнении с номинальным режиме (рисунок 2 – тренды показаны чёрной линией).

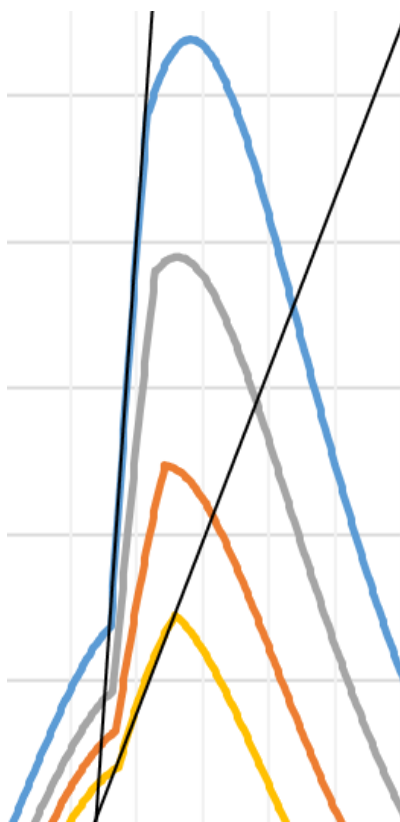


Рисунок 2 – Изменение скорости объёмного сгорания топлива

С ростом избытка воздуха снижается также и скорость капельного сгорания топлива. Из-за этого процесс капельного сгорания растягивается по времени, уходя своим окончанием в сторону большего угла поворота коленвала. Дополнительное тепловыделение в области расширения газа отмечается на диаграммах зависимостей давления от угла поворота большей пологостью кривой. Это более детально показано на рисунке 3 (чёрные линии).

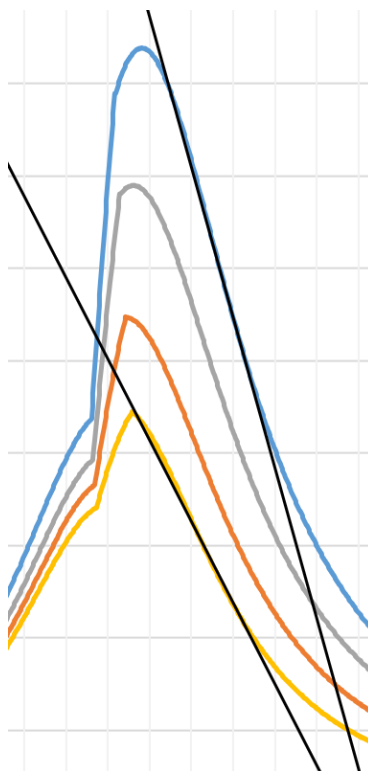


Рисунок 3 – Изменение скорости капельной скорости сгорания топлива

Результаты расчётов в разработанной программе показали, что применением предложенного способа регулирования

В шестом разделе была дана оценка экономических перспектив применения разработанного способа регулирования. Согласно оценкам, применение указанного способа может привести, для дизельной электростанции с одной машиной ДГ72М, к суточной экономии топлива на режиме летней динамики нагрузок в 85 кг топлива. Более подробно результаты расчётов потребления топлива для условий без применения регулирования и с ним представлены в таблицах 1-2.

Таблица 1 – Почасовой расход топлива в течении суток без регулирования

Время	1:00	2:00	3:00	4:00	5:00	6:00
Расход топлива, кг	113,2	103,9	98,4	94,3	92,9	95,7
Время	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00
Расход топлива, кг	102,5	113,2	122,5	129,3	134,8	146,3
Время	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00
Расход топлива, кг	162,0	152,4	141,9	136,2	137,6	139,1
Время	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00	0:00
Расход топлива, кг	137,6	134,8	132,1	126,6	123,9	115,9
Всего топлива за сутки, кг	2987,4					

Таблица 2 – Почасовой расход топлива в течении суток с регулированием

Время	1:00	2:00	3:00	4:00	5:00	6:00
Расход топлива, кг	108,1	97,5	91,4	86,9	85,4	88,4
Время	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00
Расход топлива, кг	96,0	108,1	118,8	126,6	132,9	145,6
Время	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00
Расход топлива, кг	162,0	152,1	140,8	134,4	136,0	137,6
Время	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00	0:00
Расход топлива, кг	136,0	132,9	129,7	123,5	120,4	111,1
Всего топлива за сутки, кг	2902,4					

В заключении сформулированы основные результаты проведённого диссертационного исследования, дана оценка перспективности дальнейшего исследования предлагаемого способа регулирования.

Таким образом в работе был представлен способ регулирования двигателя внутреннего сгорания, работающего по циклу Дизеля в составе дизельной электростанции с целью повышения эффективности его работы на режимах частичных нагрузках, была разработана программа расчёта параметров работы двигателя для различных начальных условий, по результатам расчётов которой было показано, что предложенный способ регулирования является перспективным и экономически обоснованным.