

**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ**

**ФГБОУ ВО Казанский государственный аграрный университет
Институт механизации и технического сервиса**

Направление: 35.03.06 – Агроинженерия

Магистерская программа - Технический сервис в сельском хозяйстве

Кафедра: “ Эксплуатация и ремонт машин ”

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

(Магистерская диссертация)

**ТЕМА: Исследование влияния неустановившейся нагрузки на
эффективные показатели двигателя МТА в условиях эксплуатации.**

Студент магистратуры _____ Сафаргалиев А.М.

Научный руководитель,

к.т.н., доцент

Медведев В.М.

Рецензент

к.т.н. доцент

Нафиков И.Р.

Обсужден на заседании кафедры и допущен к защите

(Протокол №____ от _____ 2019 г.)

Зав. кафедрой д.т.н., профессор _____

Адигамов Н. Р.

Казань – 2019 г

АННОТАЦИЯ

На выпускную квалификационную работу Сафаргалиева А.М., выполнившего магистерскую диссертацию на тему: “Исследование влияния неустановившейся нагрузки на эффективные показатели двигателя МТА в условиях эксплуатации”.

Выпускная квалификационная работа содержит: текстовые документы 81 страниц, в т.ч. пояснительная записка 60 страниц, включающая 6 таблиц, 31 рисунок, 9 приложений. Библиографический список содержит 42 наименования.

В первой части рассматривается анализ состояния вопроса, постановка цели и задач исследования.

Во второй части приведены теоретические исследования.

В третьей части приведена программа и методика экспериментальных исследований.

В четвертой части приведены результаты экспериментальных исследований и их анализ.

В пятой части дана оценка эффективности работы двигателя МТА при неустановившейся нагрузке

Пояснительная записка завершается выводами и списком литературы.

ABSTRACT

On the final qualifying Safargalieva A. M., who performed his master's thesis on the topic: “study of the effect of transient loading on the performance of the engine of MTA in conditions of exploitation”.

Final qualifying work contains: text documents 88 pages, including explanatory note 77 pages, including 6 tables, 31 figure, 8 annexes. The bibliographic list contains 42 titles.

The first part deals with the analysis of the issue, setting goals and objectives of the study.

The second part presents theoretical studies.

The third part shows the program and methods of experimental research.

The fourth part presents the results of experimental studies and their analysis.

In the fifth part is an assessment of the efficiency of the engine MTA at an unsteady load.

The explanatory note concludes with a list of references.

ОГЛАВЛЕНИЕ

	стр.
УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ.....	6
ВВЕДЕНИЕ.....	7
1.АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ВОПРОСА.....	10
1.1. Обзор работ, посвященных исследованию работы двигателей МТА при работе с неустановившейся нагрузкой.	10
Выводы.	14
2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ	15
2.1. Основные положения разработки математической модели	15
3 ПРОГРАММА И МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ.....	22
3.1 Программа экспериментальных исследований.....	22
3.2 Методика экспериментальных исследований.....	24
3.3 Экспериментальная установка для динамических исследований двигателя МТА	26
3.4 Подбор датчиков и точность измерений.....	28
3.5 Планирование, проведение и контроль опытов	33
3.6 Методика обработки экспериментальных данных	34
Выводы:	35
4 РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ АНАЛИЗ.....	36
4.1 Исследование топливной аппаратуры двигателя МТА на стационарных режимах.....	36
4.2. Исследование дизельного двигателя МТА при установившейся нагрузке.	37
4.3. Исследование двигателя МТА при неустановившейся нагрузке.....	39
4.3.1. Исследование влияния коэффициента избытка воздуха на	

показатели двигателя МТА при неустановившейся нагрузке.....	39
5 ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ДВИГАТЕЛЯ МТА ПРИ НЕУСТАНОВИВШЕЙСЯ НАГРУЗКЕ.....	52
5.1. Расчет технико-экономических показателей двигателя МТА.....	52
ОБЩИЕ ВЫВОДЫ ПО РАБОТЕ	54
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	55
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	61

УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

Параметры	Условное обозначение	Единицы измерения
Мощность двигателя	N_e	кВт
Крутящий момент коленчатого вала двигателя	M_e	Н*м
Часовой расход топлива	G_T	кг/час
Удельный расход топлива	g_e	г/(кВт*ч)
Цикловая подача топлива	$g_{ц}$	г/цикл
Часовой расход воздуха	G_B	кг/час
Момент сопротивления	M_C	Н*м
Угол опережения впрыска топлива	f	град
Коэффициент избытка воздуха	α	
Плотность окружающего воздуха	ρ_0	кг/м ³
Момент инерции	J	кг*м ²
Коэффициент дифференциального уравнения	T_{ij}	
Давление окружающей среды	P_0	Па
Температура окружающей среды	T_0	⁰ К
Время переходного процесса	t	с

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время в сельскохозяйственном производстве уделяется большое внимание механизации труда.

Интенсификация и перевод производства на промышленную основу требует резкого увеличения энерговооруженности. Для достижения этой цели увеличивается мощность и количество тракторов, автомобилей и сельскохозяйственных машин, которые оборудованы двигателя внутреннего сгорания.

В связи с этим возникает вопрос об улучшении технико-экономических показателей техники в процессе эксплуатации.

Для этого необходимо проведение всесторонних исследований. Одним из направлений данных исследований является уменьшение динамических потерь двигателей машинно-тракторных агрегатов (МТА) в условиях эксплуатации, так как в настоящее время методика по проектированию и испытанию двигателей МТА исходит из того, что работа двигателя происходит при стационарной нагрузке, вследствие чего образуются динамические потери. Это проявляется особенно сильно при проведении энергоемких операций (пахота, культивация, и т. д.).

Для того, чтобы уменьшить влияние неустановившейся нагрузки на показатели двигателя необходимо всесторонне изучить взаимосвязь между характером нагрузки и эффективными показателями двигателя.

Актуальность работы. Показатели двигателей МТА в большей степени зависят от режимов эксплуатации и характера нагружения. Поэтому исследования которые направлены на повышение эффективных показателей двигателя МТА при работе с неустановившейся нагрузкой являются актуальной задачей

Целью работы является исследование влияние регулировочных параметров (коэффициент избытка воздуха) на технико-экономические показатели дизельного двигателя (Д – 243) МТА в условиях эксплуатации,

которое позволит в дальнейшем дать рекомендации по улучшению экономических и динамических показателей двигателя, наметить основные направления для автоматизации работ при выполнении различных сельскохозяйственных операций.

Задачи исследования. В соответствии с поставленной целью сформулированы следующие задачи исследований:

1. Исследование условий функционирования двигателя МТА при неустановившейся нагрузке.
2. Уточнение теоретических зависимостей изменения эффективных показателей двигателя МТА с учетом влияния коэффициента избытка воздуха при неустановившейся нагрузке.
3. Создать экспериментальную установку на базе МТА (трактор МТЗ-82 и культиватор КПС-4) для определения эффективные показатели двигателя в условиях эксплуатации
4. Исследовать влияние неустановившейся нагрузки на эффективные показатели двигателя МТА с учетом изменения коэффициента избытка воздуха.
5. Провести сравнительную технико-экономическую оценку эффективных показателей двигателя МТА при работе с неустановившейся нагрузкой.

Объект исследования. Машинно-тракторный агрегат в составе трактора МТЗ-82 и культиватора КПС-4.

Методы и методика исследования.

При исследовании условий работы двигателя МТА были применены теоретические зависимости для моделирования динамических систем и методы математического анализа, которые обеспечивают аналитическое описание эффективных показателей двигателя МТА при неустановившейся нагрузке. Методики проведения полевых исследований двигателей МТА и методы сбора и обработки полученных результатов экспериментов.

На защиту выносятся:

Расчетные формулы, используемые для установления связи показателей дизельного двигателя МТА при работе на регуляторной ветви с неустановившейся нагрузкой;

Результаты полевых экспериментов МТА в условиях эксплуатации с различными значениями коэффициента избытка воздуха;

Результаты экспериментальных исследований двигателя МТА и математических расчетов.

Публикации.

По результатам исследований опубликованы 2 статьи.

Апробация работы.

Основные положения проведенных исследований доложены и одобрены: на научных конференциях профессорско-преподавательского состава Казанского ГАУ — в 2018 - 2019 гг.;

1. АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ВОПРОСА

1.1. Обзор работ, посвященных исследованию работы двигателей МТА при работе с неустановившейся нагрузкой.

Одними из первых ученых, которые занялись изучением процессов, происходящих в двигателе внутреннего сгорания (ДВС) МТА в условиях эксплуатации были: Болтинский В.Н., Юлдашев А. К., Крутов В. И., Патрахальцев Н. Н., Останенк Г. И., Багиров Д. Д., Иофинов С. А., Гришин Г. Д., Иткин Б. А., Морозов Б. И., Леонов И. В., Ждановский Н. С., Агеев Л.Е. и другие ученые.

Ими было определено негативное влияние неустановившейся нагрузки на показатели двигателя МТА.

Одними из таких показателей являются, [9]:

1. Момент сопротивления на валу тракторного двигателя.

$$M_c = M_f + M_{кр} \pm M_\alpha \mp M_J + M_{тр}, \quad (1.1)$$

где M_c – момент сопротивления на валу тракторного двигателя, Нм;

M_f – момент сопротивления перекачиванию трактора, Нм;

$M_{кр}$ – момент сопротивления на крюке трактора, Нм;

M_α – момент сопротивления при подъеме (спуске) трактора, Нм;

M_J – момент сопротивления от сил инерции при разгоне (торможении) трактора, Нм;

$M_{тр}$ – момент сопротивления от сил трения, Нм.

2. Степень неравномерности момента сопротивления на валу двигателя.

$$\delta = \frac{M_{c \max} - M_{c \min}}{M_{cp}}, \quad (1.2)$$

где δ – степень неравномерности момента сопротивления на валу двигателя;

$M_{c \max}$ – наибольшее значение момента сопротивления на валу двигателя, Нм;

$M_{c \min}$ – наименьшее значение момента сопротивления на валу двигателя, Нм;

M_{cp} – среднее значение момента сопротивления на валу двигателя, Нм.

3. Период изменения момента сопротивления – T , в секундах.

4. Коэффициент перегрузки.

$$K_{пер} = \frac{M_{c \max}}{M_{e \max}}, \quad (1.3)$$

где $K_{пер}$ – коэффициент перегрузки;

$M_{e \max}$ – максимальный крутящий момент на коленчатом валу двигателя, Нм.

Изменение крутящего момента двигателя описывается формулой, [9]:

$$M_e = f \left(\eta_v \frac{\eta_i}{\alpha} \eta_m \right), \quad (1.4)$$

Во время выполнения сельскохозяйственных работ ученые рекомендуют недогружать двигатель МТА до 20%, а это вызывает увеличенный расход топлива на 10...15%, [3, 14, 15, 20]. Уменьшается ресурс двигателей, [25].

При выполнении основных сельскохозяйственных операций двигатели МТА работают при неустановившейся нагрузке близкой максимальной (0,9...0,95 N_e), [36, 38].

Как отмечается в работе [5] потери мощности составляют при бороновании 6,5%, при буксировании 7,1%, при вспашке 17,5%

На рисунке 1.1. представлены результаты исследований распределения моментов сопротивления МТА при выполнении различных сельскохозяйственных операций, [21, 37].

В работах А.К. Юлдашева [37] проведены исследования изменения индикаторных показателей тракторного дизеля (вихрекамерного) с закрепленной рейкой топливного насоса при неустановившейся нагрузке. При этом наблюдалось, что с увеличением амплитуды колебаний частоты вращения вала двигателя, уменьшается коэффициент наполнения двигателя (η_v), коэффициент избытка воздуха (α), ухудшения процесса

смесеобразования и сгорания, а это приводит к уменьшению среднего индикаторного давления (P_i) и индикаторного КПД (η_i), что в свою очередь ведет к снижению технико-экономических показателей двигателей.

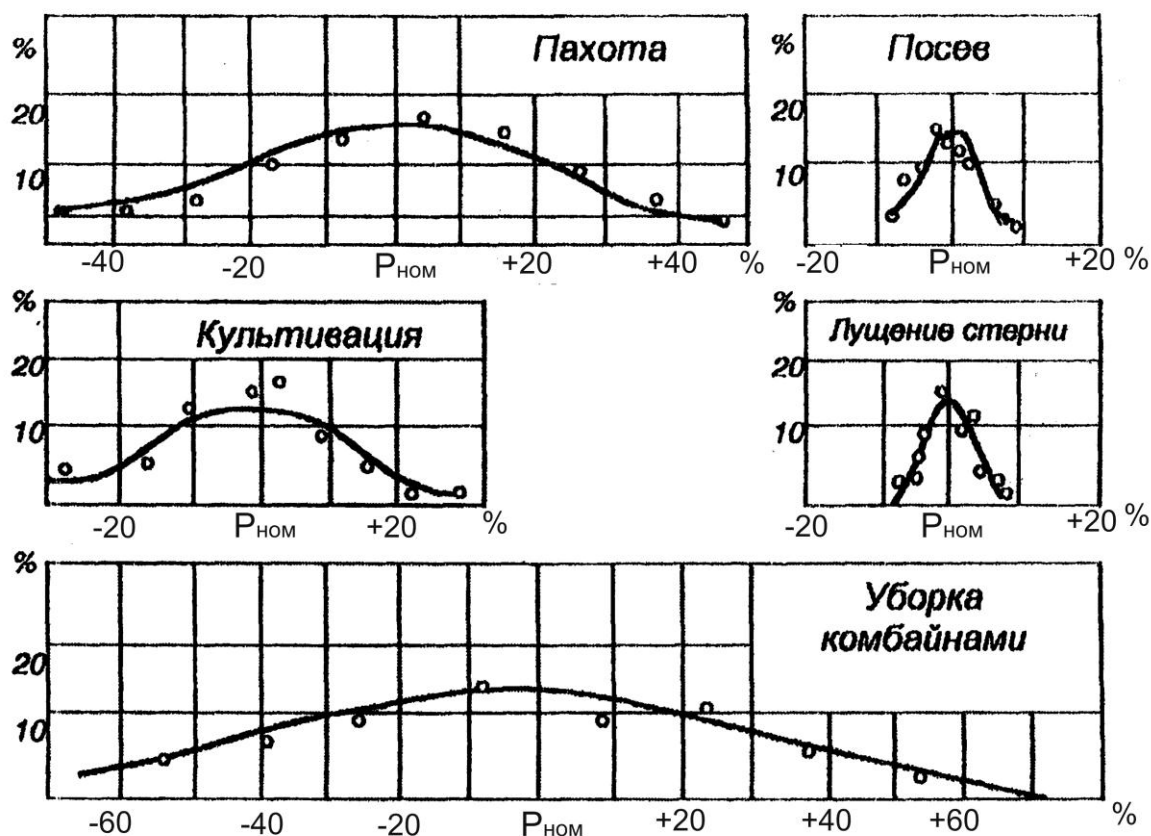


Рисунок 1.1 – Графики распределения моментов сопротивления МТА при выполнении различных сельскохозяйственных операций.

В работах Антипова В.П. [3, 4], Юлдашева А. К. [36,37], Архангельского В.М. [6], посвященных исследованию влияния режимов работы его двигателя мобильных транспортных средств в условиях эксплуатации на топливную экономичность и производительность отмечалось, что происходит падение мощности и увеличивается расход топлива.

В работах Галеева Г.Г. широко рассмотрена работа топливного насоса высокого давления (ТНВД) дизельного двигателя в динамических режимах.

Главным показателем ТНВД является цикловая подача (g_u). Она зависит от частоты вращения вала насоса и положением рейки топливного насоса (h_p).

$$g_u = f(n, h_p), \quad (1.5)$$

Для получения передаточных функций, которые описывают изменение цикловой подачи топлива при неустановившейся нагрузке автор отмечает, что при изменении нагрузки частота вращения вала насоса изменяется по экспоненте на корректорной ветви, а положение рейки по периодически затухающей кривой на регуляторной ветви.

При рассмотрении переходных процессов тракторного двигателя Д-50 Морозовым А. Х. были произведены расчеты, которые показали задержку 0,2 с при набросе нагрузки между изменением угловой скорости вала топливного насоса и перемещением муфты регулятора.

Также выявлены отличия в амплитудах колебаний угловой скорости, которая переходит на безрегуляторную ветвь и рейки топливного насоса, которая остается на регуляторной ветви

Изложенные в работах [1, 12, 13, 19, 20, 22, 23, 34, 38, 40, 41, 42] математические модели имеют более точное описание переходных процессов.

Особенностью данных моделей является возможность допущения о постоянстве характеристик двигателя при стационарной нагрузке, а ухудшение показателей объясняется неленейностью регуляторной характеристики [8, 10, 17, 32]. Показатели двигателя в динамике оцениваются с помощью коэффициентов дифференциальных уравнений, с учетом неустановившейся нагрузки [35]. При определении этих коэффициентов возникают определенные погрешности в расчетах, так как они определяются по стационарным характеристикам

Проведя научные исследования многие ученые [16, 28, 32, 33] пришли к общему мнению, что происходит снижение эффективных показателей работы энергетической установки (топливоподачи, воздухоподачи, угла опережения впрыска топлива и теплового состояния в двигателе) в условиях эксплуатации

Для анализа динамических свойств двигателя в работах [4, 5, 6, 7] выбраны амплитудно-фазо-частотные характеристики (АФЧХ)..

На коэффициент наполнения двигателя влияет изменение расхода воздуха, Величина коэффициента наполнения зависит от конструктивных, эксплуатационных факторов.

При увеличении угловой скорости наблюдается уменьшение, а при снижении угловой скорости – увеличение наполнения цилиндров [2, 39, 40].

Математическая модель показателей двигателя МТА при неустановившейся нагрузки по регуляторной ветви может описываться дифференциальными уравнениями второго, третьего и более высшего порядков.

Выводы.

Характер нагрузки двигателей МТА в условиях эксплуатации бывает неустановившимся;

При эксплуатации у двигателей МТА наблюдается рассогласование в работе систем, что приводит к снижению мощностных и топливно-экономических показателей МТА

Отсутствуют единые требования к динамическим характеристикам двигателей МТА в условиях эксплуатации;

2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1. Основные положения разработки математической модели

На кафедре “Тракторы, автомобили и энергетические установки” Казанского ГАУ и с участием других ученых разработан расчетно-экспериментальный метод определения динамических характеристик двигателя МТА, работающего с неустановившейся нагрузкой [11,25, 26, 29, 30]. Данный метод существенно облегчает проведение исследований в этой области.

Процессы, происходящие в двигателе МТА в пределах линейных зон, можно описать линейными дифференциальными уравнениями с постоянными коэффициентами. Данные уравнения позволяют описать процессы, происходящие в двигателе МТА в условиях эксплуатации.

Определение коэффициентов дифференциальных уравнений аналитическим способом затруднено и не всегда возможно. Поэтому предлагается применить методику численного решения дифференциальных уравнений для определения их коэффициентов с учетом полученных экспериментальных динамических характеристик, что значительно упростит задачу.

При решении линейных дифференциальных уравнений принимаются следующие допущения:

Исследование динамических характеристик двигателя МТА производится с учетом линейных участков нагрузочной характеристики;

Растет эффективных показателей двигателя МТА производится с учетом требований ГОСТ:

ГОСТ 18509 “Дизели тракторные и комбайновые, методы стендовых испытаний”;

Международному стандарту 1585-82 “Транспорт дорожный, методы испытаний двигателей, мощность нетто”.

При исследованиях по регуляторной ветви динамические характеристики двигателя МТА описываются линейные дифференциальные уравнения второго порядка:

$$T_{2n}^2 \frac{d^2 n}{dt^2} + T_{1n} \frac{dn}{dt} + n_0 = K_{n2} \Delta M_c, \quad (2.1)$$

$$T_{2g}^2 \frac{d^2 g_u}{dt^2} + T_{1g} \frac{dg_u}{dt} + g_{u0} = K_{g2} \Delta M_c, \quad (2.2)$$

$$T_{2\epsilon}^2 \frac{d^2 G_\epsilon}{dt^2} + T_{1\epsilon} \frac{dG_\epsilon}{dt} + G_{\epsilon 0} = K_{\epsilon 2} \Delta M_c, \quad (2.3)$$

где T_{1i} , T_{2i} , T_{3i} , - инерционные коэффициенты для частоты вращения коленчатого вала двигателя МТА, часового расхода воздуха и цикловой подачи топлива;

n_0 , G_{B0} , g_{u0} – начальное значение частоты вращения коленчатого вала двигателя МТА, часового расхода воздуха и цикловой подачи топлива;

K_n , K_{GB} , K_{gu} – коэффициенты усиления частоты вращения вала двигателя МТА, часового расхода воздуха и цикловой подачи от изменения момента двигателя по регуляторной стационарной характеристики;

ΔM_c – приращение нагрузки, Нм.

Общее решение дифференциального уравнения второго порядка представляет следующее выражение:

$$y_{o.p.n.y} = y_{o.p.o.y} + y_{ч.p.n.y}, \quad (2.4)$$

где $y_{o.p.n.y}$ – общее решение неоднородного уравнения;

$y_{o.p.o.y}$ – общее решение однородного уравнения;

$y_{ч.p.n.y}$ – частное решение неоднородного уравнения.

Общие решения однородного уравнения описываются формулами:

$$\Delta n' = e^{\alpha_n t} (C_{1n} * \cos \beta_n t + C_{2n} * \sin \beta_n t), \quad (2.5)$$

$$\Delta g'_u = e^{\alpha_g (t - \tau_{g2})} (C_{1g} * \cos \beta_g (t - \tau_{g2}) + C_{2g} * \sin \beta_g (t - \tau_{g2})), \quad (2.6)$$

$$\Delta G'_e = e^{\alpha_e (t - \tau_{e2})} (C_{1e} * \cos \beta_e (t - \tau_{e2}) + C_{2e} * \sin \beta_e (t - \tau_{e2})), \quad (2.7)$$

где α_i , β_i , C_{1i} , C_{2i} – коэффициенты дифференциальных уравнений;

τ_{i2} – время задержки реакции показателя на изменение нагрузки, с.

Если время задержки реакции на изменение нагрузки равно или больше времени переходного процесса ($\tau_{i2} \geq t$), то изменение исследуемого показателя не происходит, так инерционность системы большая.

Частное решение неоднородного уравнения имеет вид:

$$y_{ч.р.н.у} = f(K_{i2} * \Delta M_c), \quad (2.8)$$

где $\Delta M_c = f(t)$

Решая дифференциальные уравнения учитываем, что закон изменения момента сопротивления берется такой, чтоб он наиболее точно описывал изменение момента сопротивления МТА, который приведен к коленчатому валу двигателя

Для нахождения значений коэффициентов дифференциальных уравнений, необходимо решить его с учетом результатов полученных экспериментальных данных.

Решение дифференциальных уравнений производилось численным методом с использованием ЭВМ и специальной программы.

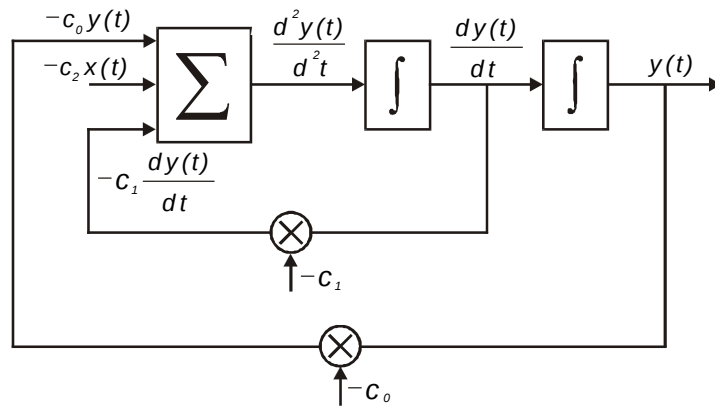


Рисунок 2.1 - Математическая модель ДВС

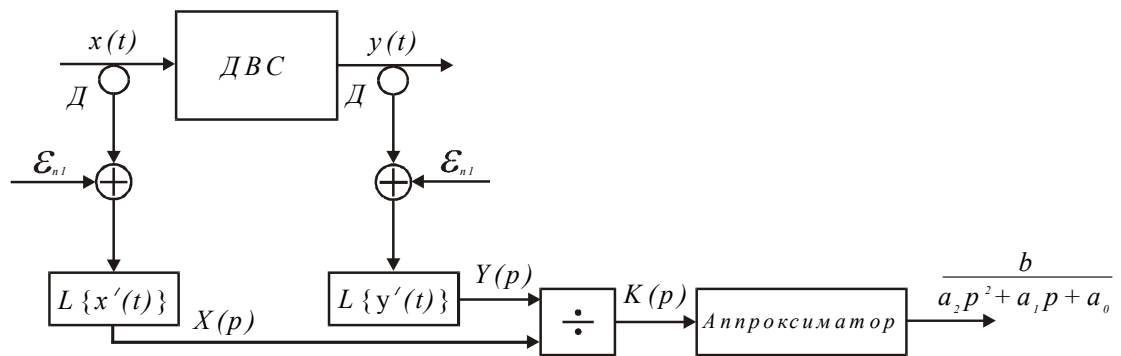


Рисунок 2.2 - Алгоритм вычисления АЧХ

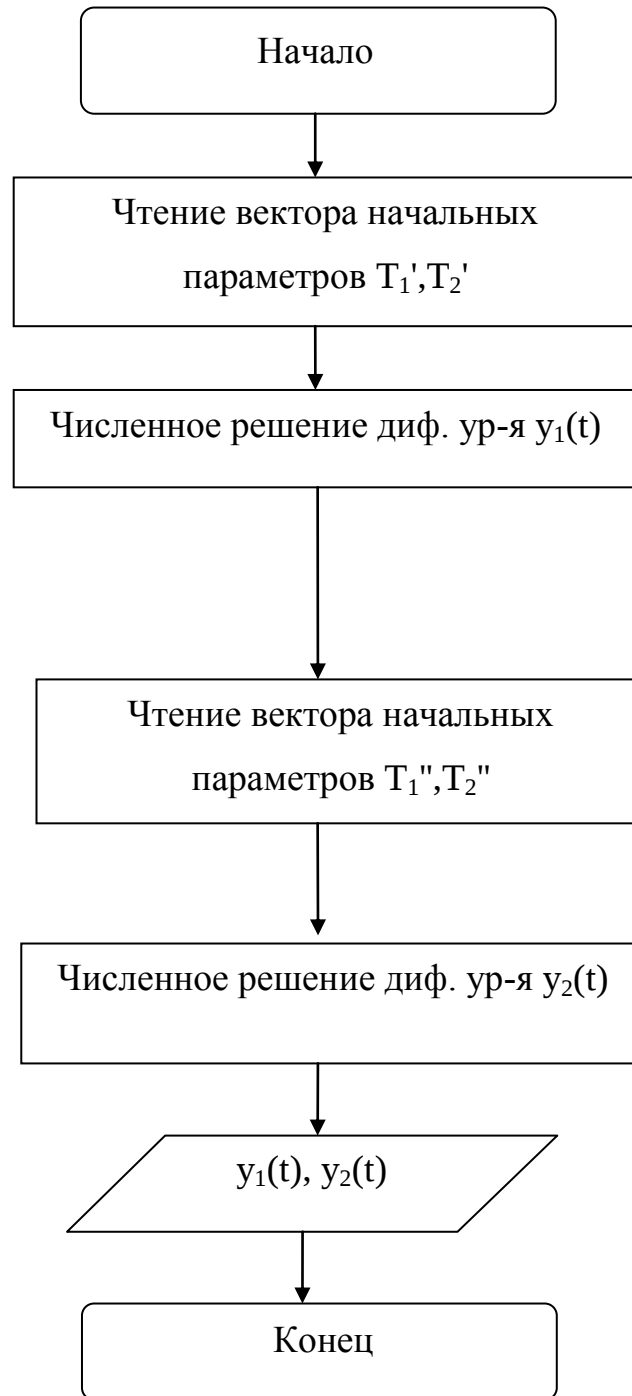


Рис. 2.3 - Блок схема для определения коэффициентов дифференциального уравнения второго порядка.

Результаты сходимости экспериментальных и теоретических данных представлены на рисунках 4.10...4.12.

Эффективная мощность двигателя определяется по формуле.

$$N_e = B_N * \left(M_{e0} \pm \Delta M_c \mp J_{np} \frac{d\omega}{dt} \right) * (n_0 \mp \Delta n), \quad (2.9)$$

где B_N – коэффициент пропорциональности, $B_N = \frac{\pi}{30000} = 0,000105$;

Δn – изменение оборотов вала двигателя, $\Delta n = f(t, \Delta M_c)$.

$$M_{e0} = \frac{r_k}{i_{TP} * \eta_T} * [G_{mp} (f * \cos \beta + \sin \beta) + K_V * F * V_{mp}^2 + P_{кр0}], \quad (2.10)$$

где r_k – радиус качения ведущего колеса, м;

i_{TP} – передаточное число трансмиссии;

η_T – КПД трансмиссии трактора;

$G_{тр}$ – вес трактора, Н;

f – коэффициент сопротивления качению трактора;

β – угол наклона поверхности поля, град;

K_V – коэффициент обтекаемости трактора, Н*с²/м⁴;

F – площадь поперечного сечения трактора, м²;

$V_{тр}$ – скорость трактора, м/с;

$P_{кр0}$ – начальное усилие на крюке трактора, Н.

$$\Delta M_c = \frac{r_k}{i_{КПП} * i_0 * i_K * \eta_T} * K_{уд} * A * B_V * t_1, \quad (2.11)$$

где $K_{уд}$ – удельное сопротивление почвы, Па;

A – рабочая ширина захвата сельскохозяйственного орудия, м;

B_V – скорость заглубления сельскохозяйственного орудия, м/с;

t_1 – время заглубления сельскохозяйственного орудия, с.

Показателями экономичности работы двигателя МТА являются:

Часовой расход топлива, кг/час.

$$G_T = B_g (g_{y0} \pm \Delta g_y) * (n_0 \mp \Delta n), \quad (2.12)$$

где B_g – коэффициент пропорциональности, $B_g=0,03$;

$\Delta g_{ц}$ – изменение цикловой подачи топлива, $\Delta g_{ц}=f(t, n, h, \Delta M_c)$.

Удельный расход топлива, г/кВт*час.

$$g_e = 1000 \frac{G_T}{N_e}, \quad (2.13)$$

Часовой расход воздуха, кг/час.

$$G_{\epsilon} = G_{\epsilon 0} \mp \Delta G_{\epsilon}, \quad (2.14)$$

где ΔG_{ϵ} – изменение часового расхода воздуха, $\Delta G_{\epsilon} = f(t, n)$.

Коэффициент избытка воздуха для дизельного двигателя определяется по формуле.

$$\alpha = \frac{G_{\epsilon}}{14,5 * G_T}, \quad (2.15)$$

Время запаздывания изменения параметра на возмущение определяется экспериментальным путем.

В ходе проведения теоретических исследований показателей двигателя МТА можно сделать следующие выводы:

Уточнены теоретические зависимости, описывающие влияния характера неустановившейся нагрузки (с учетом коэффициента избытка воздуха) на изменения показателей двигателя МТА, что позволяет определить коэффициенты дифференциальных уравнений, цикловой подачи топлива, изменение частоты вращения коленчатого вала двигателя и часового расхода воздуха.

Позволяет применять теоретические положения для модернизации системы регулирования подачи воздуха в двигателях МТА.

Разработаны алгоритм и программа для определения динамических характеристик дизельного двигателя МТА.

3 ПРОГРАММА И МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

3.1 Программа экспериментальных исследований

Согласно разработанной программе (рисунок 3.1) по исследованию влияния неустановившейся нагрузке с учетом регулировочных параметров (коэффициента избытка воздуха) на показатели двигателя МТА содержит два этапа: теоретический и экспериментальный.

За основу теоретического исследования принят метод математического моделирования, в котором динамические процессы в двигателе МТА описываются линейными дифференциальными уравнениями, с учетом ранее выбранных линейных зон для исследуемых показателей. По этой методике коэффициенты дифференциальных уравнений определяются по переходным кривым, полученных при набросах нагрузки [36].



Рисунок 3.1 – Программа исследования двигателя (Д – 243) МТА.

3.2 Методика экспериментальных исследований

Согласно разработанной программе исследований Испытание двигателя МТА состоит из следующих этапов.

1. Исследование топливной аппаратуры двигателя при установившейся нагрузке.
2. Исследование работы двигателя МТА в полевых условиях (при неустановившейся нагрузке с учетом влияния коэффициента избытка воздуха).

Перед проведением испытаний необходимо обратить особое внимание на выбор объекта исследования учитывая ряд требований: распространенность; перспективность его применения; типичность; доступность.

Учитывая эти требования в качестве объекта исследований был выбран МТА состоящий из трактора МТЗ-82 с двигателем Д-243 и культиватор КПС-4.

Перед началом исследований двигателя МТА в полевых условиях были проведены лабораторные исследования, которые включали в себя снятие стационарных характеристик ТНВД (регуляторная и скоростная). Это необходимо для выявления линейных участков исследуемых показателей, а также определение зависимости цикловой подачи топлива от положения дозатора и частоты вращения вала насоса.

Исследование ТНВД на стационарных режимах проводилась с учетом методики представленной в работе [31].

Технические характеристики двигателя МТА представлены в таблице 3.1

Таблица 3.1– Основные параметры двигателя.

Тип двигателя	Дизель, 4 тактный
Число цилиндров	4
Номинальная мощность, кВт.	58
Номинальная частота вращения вала двигателя, мин ⁻¹	2200
Максимальная частота вращения вала двигателя, мин ⁻¹	2400
Порядок работы цилиндров	1–3–4–2
Диаметр и ход поршня, мм.	110 x 125
Рабочий объем двигателя, л.	4,75
Степень сжатия (расчетная)	16
Максимальный крутящий момент, Нм.	285
Топливный насос	НД 21/4
Регулятор частоты вращения	Механический, всережимный с корректором подачи топлива.
Форсунки	Закрытого типа (ФД–22).
Давление впрыска топлива, МПа.	18,5 ^{±0,5}
Топливо	Дизельное ГОСТ 305-82
Система охлаждения	Жидкостная, закрытая с принудительной циркуляцией
Охлаждающая жидкость	Вода
Система смазки	Смешанная

Результаты лабораторных исследований представлены в приложениях А и Б

3.3 Экспериментальная установка для динамических исследований двигателя МТА

С учетом требований и методики проведения экспериментов была создана лабораторная установка на базе трактора МТЗ-82 и культиватора КПС-4, на которую была смонтирована контрольно-измерительная аппаратура состоящая из: датчик расхода топлива; датчик частоты вращения коленчатого вала двигателя тензодатчик для определения усилия на крюке; датчик частоты вращения копирующего колеса; датчик частоты вращения ведущего колеса трактора; тензоусилитель; ЭВМ. блок питания на 5 В; соединительные кабели и разъемы.

На рисунках 3.2 и 3.3 представлены общий вид экспериментальной установки и измерительной аппаратуры.



Рисунок 3.2 – Внешний вид экспериментальной установки (МТЗ-82 и культиватор КПС-4)

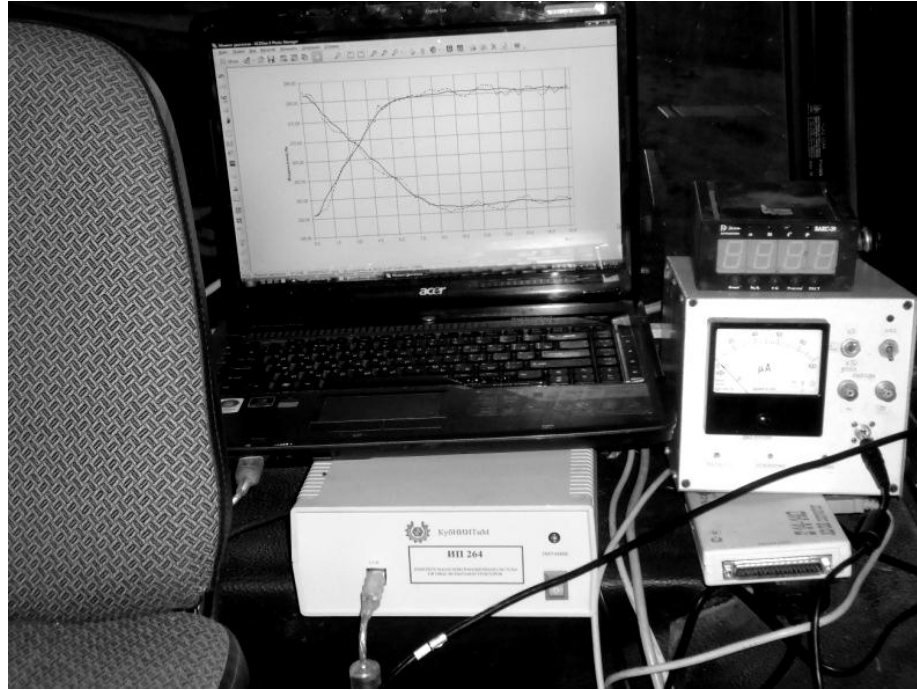
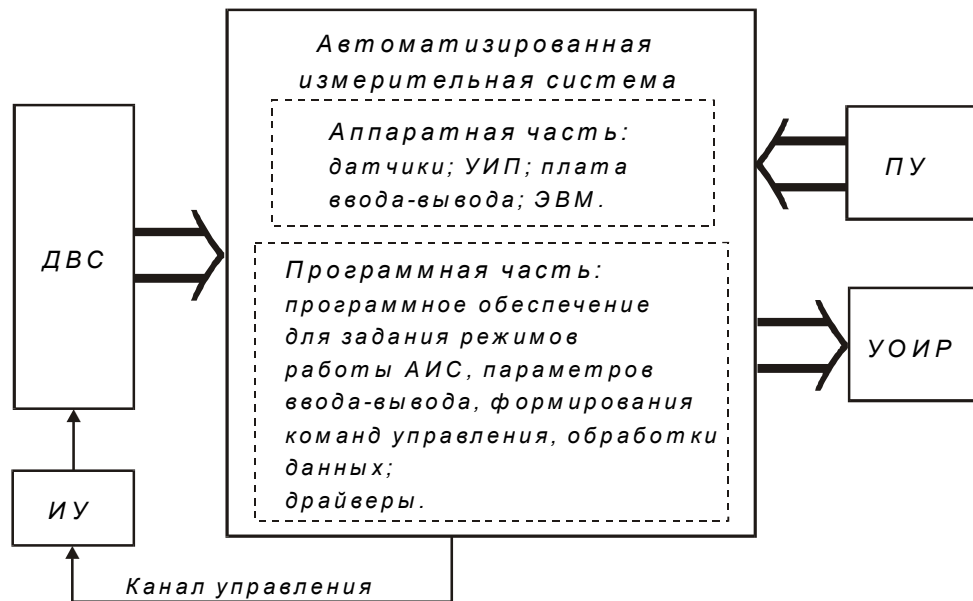


Рисунок 3.3 – Измерительный комплекс для сбора и обработки данных



ДВС – двигатель внутреннего сгорания; ИУ – исполнительное устройство;
 УИП – унифицирующий измерительный преобразователь;
 ПУ – пульт управления; УОИР – устройство отображения, индикации и регистрации.

Рисунок 3.4 – Структурная схема автоматизированной измерительной системы.

3.4 Подбор датчиков и точность измерений

Значение абсолютных погрешностей измеряемых величин приведена в таблице 3.2 по ГОСТ 18509 – 95.

Таблица 3.2 – Допустимые абсолютные погрешности измерений по ГОСТ 18509 – 95.

Измеряемый показатель, размерность	Погрешность
Частота вращения коленчатого вала, мин^{-1}	$\pm 0,005n_{\text{ном}} (\pm 0,5\%)$, но не более 10 мин^{-1}
Крутящий момент двигателя, Нм	$\pm 0,005M_{\text{емax}} (\pm 0,5\%)$
Расход воздуха, кг/час	$\pm 0,02G_{\text{вном}} (\pm 2\%)$
Расход топлива, кг/час	$\pm 0,005G_{\text{тном}} (\pm 0,5\%)$
Продолжительность опыта не менее, сек	0,01
Температура окружающего воздуха, $^{\circ}\text{C}$	± 1
Атмосферное давление, Па	$\pm 0,01P_{\text{ном}} (\pm 1\%)$

Во время проведения экспериментов также имеет значение динамическая погрешность. Для ее определения необходимо знать технические характеристики датчиком и измерительной аппаратуры. Расчет динамической погрешности проводился по методике приложенной в работах [30, 37].

При проведении экспериментов, расход топлива определялся датчиком, который замерял положение дозатора ТНВД с учетом частоты вращения коленчатого вала двигателя, созданном на базе резистора (рисунок 3.5).

На рисунке 3.6 представлен тарировочный график датчика расхода топлива.

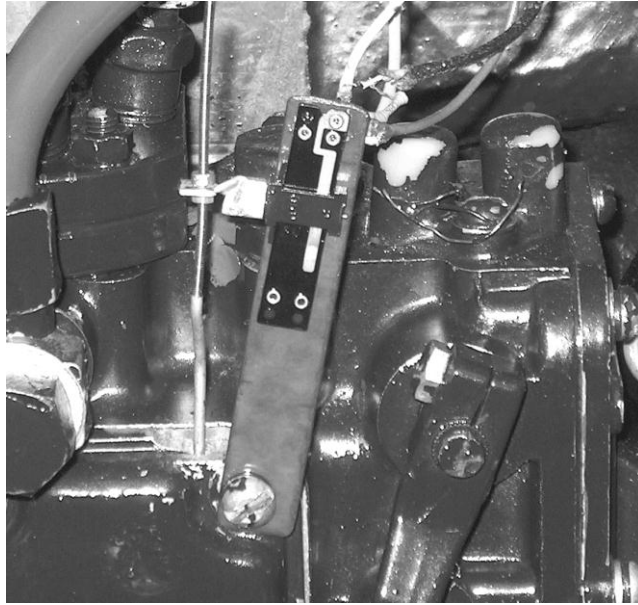


Рисунок 3.5 – Датчик положения дозатора ТНВД.

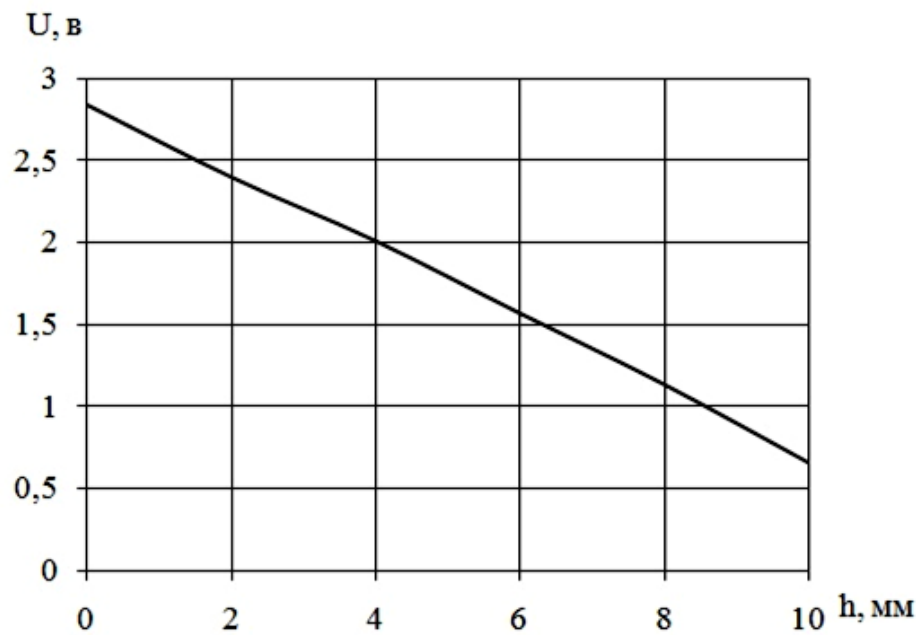


Рисунок 3.6 – Тарировочный график датчика положения рейки дозатора ТНВД.

Расход воздуха замерялся с помощью датчика, показанного на рисунке 3.7.

Предварительно перед установкой датчик был оттарирован с учетом атмосферного давления и температуры воздуха



Рисунок 3.7 - Датчик расхода воздуха

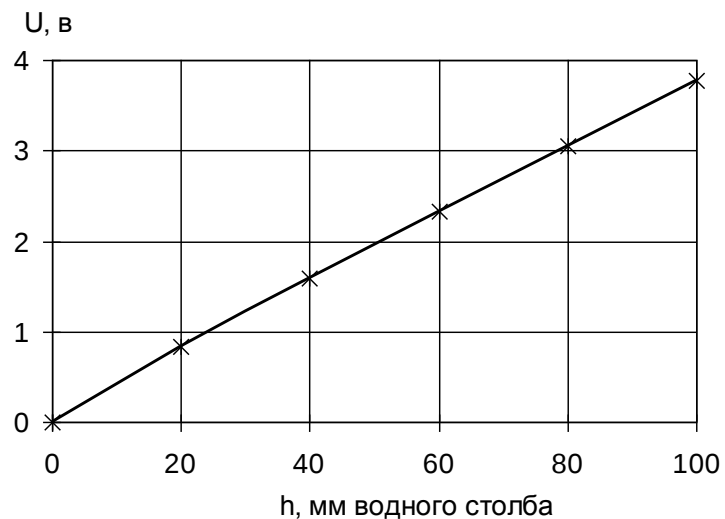


Рисунок 3.8 - Тарировочный график датчика для замера расхода воздуха

Для определения частоты вращения коленчатого вала двигателя, ведущих и копирующего колес использовался фотодатчик на основе светодиода (источник света) и фотодиода (приемник импульсов) и диск с прорезями.

Внешний вид данных измерительных устройств (ведущее и копирующее колесо) представлен на рисунке 3.9.



Рисунок 3.9 – Внешний вид измерительных устройств для измерения оборотов ведущего и копирующего колес

Тяговое усилие на крюке трактора определялся с помощью тензодатчика ТСА фирмы TOKVES. Схема установки тензодатчика представлена на рисунке 3.9, а тарировочный график на рисунке 3.10



Рисунок 3.10 – Тензодатчик ТСА для определения тягового усилия на крюке трактора

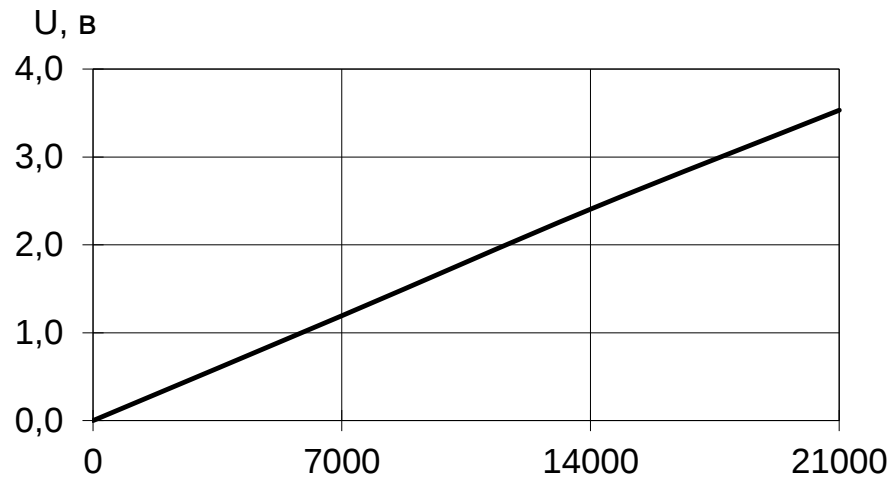


Рисунок 3.11 – Тарировочный график тензодатчика ТСА фирмы TOKVES

Температура окружающего воздуха определялась термометром.

Давление воздуха определялось барометром.

Погрешность каналов регистрации сигналов с учетом технических характеристик измерительной аппаратуры принимаем равной 0,2%.

Учитывая, что погрешности не коррелированные [18, 27], то результирующие погрешности будут равны:

1. Погрешность канала частоты вращения вала двигателя с учетом принятой частотой импульсов будет равна $\delta_{\text{фд}} \approx 0,05\%$.

$$\delta_n = \sqrt{0,2^2 + 0,05^2} = 0,21 \%$$

3. Погрешность канала хода рейки дозатора топливного насоса зависит от точности тарировки датчика, принимаем $\delta_p \approx 0,2\%$.

$$\delta_g = \sqrt{0,2^2 + 0,2^2} = 0,28 \%$$

3. Погрешность канала расхода воздуха в динамике принимаем $\delta_p \approx 0,2\%$, [27].

$$\delta_g = \sqrt{0,2^2 + 0,2^2} = 0,28 \%$$

Для определения границы динамической погрешности необходимо определить частотный диапазон. Поэтому необходимо определить максимальную частоту измеряемой величины.

Принимаем ограничение по динамической погрешности равной 0,001%

Тогда максимальная частота сигнала измеряемой величины определяется по формуле:

$$f = \sqrt{\frac{2 E_{\partial}}{\pi^2 t_0^2}}, \quad (3.1)$$

где f - частота измеряемой величины, Гц;

t_0 – период дискретизации, $t_0=10^{-6}$ с [81].

$$f = \sqrt{\frac{2 * 0,001}{3,14^2 * (10^{-6})^2}} = 1423,5 \text{ Гц.}$$

Полученное значение максимальной частоты удовлетворяет требованиям для проведения эксперимента.

Динамической погрешностью измерений можно пренебречь из –за малой величины

3.5 Планирование, проведение и контроль опытов

Точность полученных результатов зависит продолжительности и количества повторений проведения эксперимента, а также от временного шага дискретизации.

Временной шаг дискретизации определяется по формуле:

$$t_{\text{д}} \leq \frac{1}{f}, \quad (3.2)$$

где f – максимальная частота измеряемой величины, $f=1423,5$ Гц.

$$t_{\text{д}} \leq \frac{1}{1423,5} = 0,0007 \text{ с.}$$

Принимаем $f_d = 0,0003$ с.

Для каждого регулировочного параметра кратность проведения опыта принимаем равным трем

До и после каждой серии экспериментов при неустойчившейся нагрузке снимается опыт на установившемся режиме. Это необходимо для определения работоспособности датчиков и измерительной аппаратуры

Принимая во внимание, что средняя рабочая скорость МТА составляет $V_T = 10...12$ км/ч необходимо принять длину гона на котором будет производится эксперимент не менее 100 м.

3.6 Методика обработки экспериментальных данных

При получении экспериментальных данных могут появляться погрешности, вызванные случайными или систематическими ошибками.

Поэтому обработка полученных экспериментальных данных производилась в соответствии с правилами, [24, 26, 27]

1. Среднее арифметическое измерений:

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i \quad (3.3)$$

2. Среднее квадратичное отклонение характеризует рассеивание значений по отношению к середине распределения, то есть к средней арифметической.

Определяется по формуле:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \delta_i^2}{n-1}}, \quad (3.4)$$

3. Коэффициент вариации:

$$\nu = \frac{\sigma}{\bar{X}} * 100 \% , \quad (3.5)$$

Теория математической статистики позволяет с определенной вероятностью установить пределы, в которых находится средняя генеральной совокупности. Для этого вычисляется ошибка средней:

$$\sigma_{\bar{X}} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}, \quad (3.6)$$

Эта величина, выраженная в тех же единицах измерения, что и средняя арифметическая, характеризует ошибку, которая допускается, рассматривая $\bar{X}$ в качестве средней генеральной совокупности.

Учитывая это, среднюю арифметическую записывают обычно с ее ошибкой $\bar{X} = \pm \sigma_{\bar{X}}$.

Пределы, в которых находится генеральная совокупность, определяются соотношением:

$$\bar{X} - t * \sigma_{\bar{X}} \leq \mu \leq \bar{X} + t * \sigma_{\bar{X}}, \quad (3.7)$$

где μ - средняя генеральной совокупности,

t- критерий Стьюдента (выбирается по таблице).

Результаты расчета погрешности измерений при проведении лабораторных экспериментов представлены в приложении Г.

Выводы:

1. Разработанная программа и методика экспериментальных исследований дает возможность провести исследование эффективных показателей двигателя МТА при неустановившейся нагрузке полным объеме.
2. Созданный автоматизированный комплекс уменьшает трудоемкость и автоматизирует процесс сбора и обработки данных.
3. Предложенная методика обработки экспериментальных исследований позволяет проверить точность проведения экспериментов.

4 РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ АНАЛИЗ

4.1 Исследование топливной аппаратуры двигателя МТА на стационарных режимах

При проведении стендовых испытаний топливного насоса НД-21/4 двигателя Д-243, который устанавливается на трактор МТЗ-82 было выявлено:

регуляторная характеристика ТНВД отвечает техническим требованиям для установки на данный тип двигателей;

скоростная характеристика ТНВД дала возможность для определения линейных участков по для цикловой подачи топлива и построить тарировочные графики для определения расхода топлива. Все это необходимо для дальнейших испытаний двигателя при неуставившейся нагрузке.

Результаты исследований представлены на рисунках 4.1, 4.2. и в приложении А и Б.

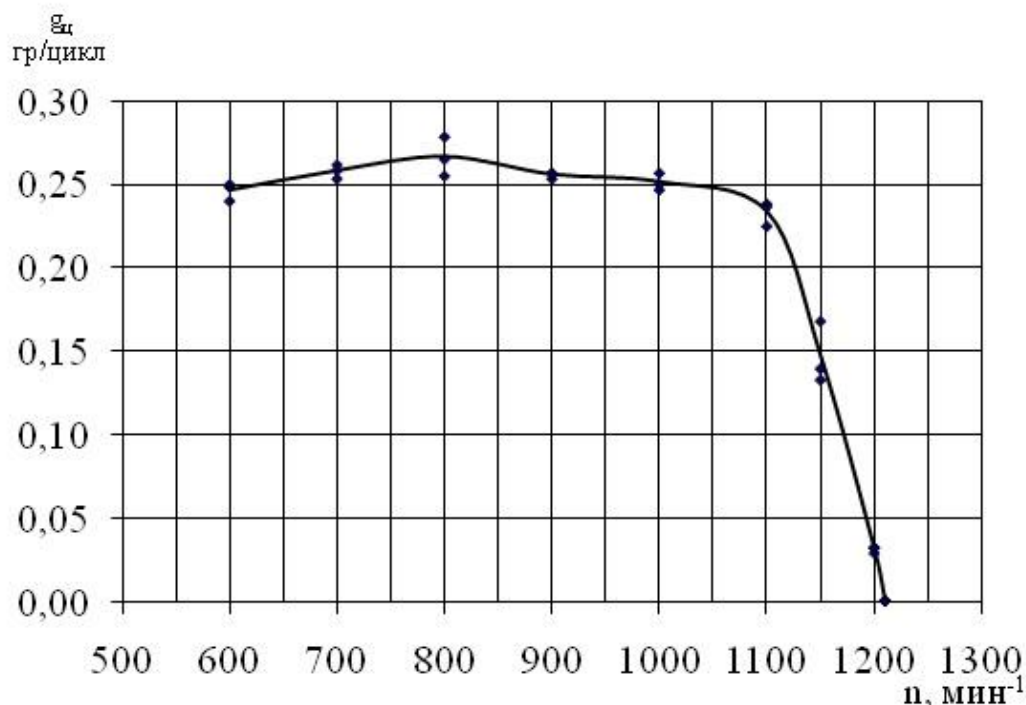


Рисунок 4.1 – Регуляторная характеристика топливного насоса.

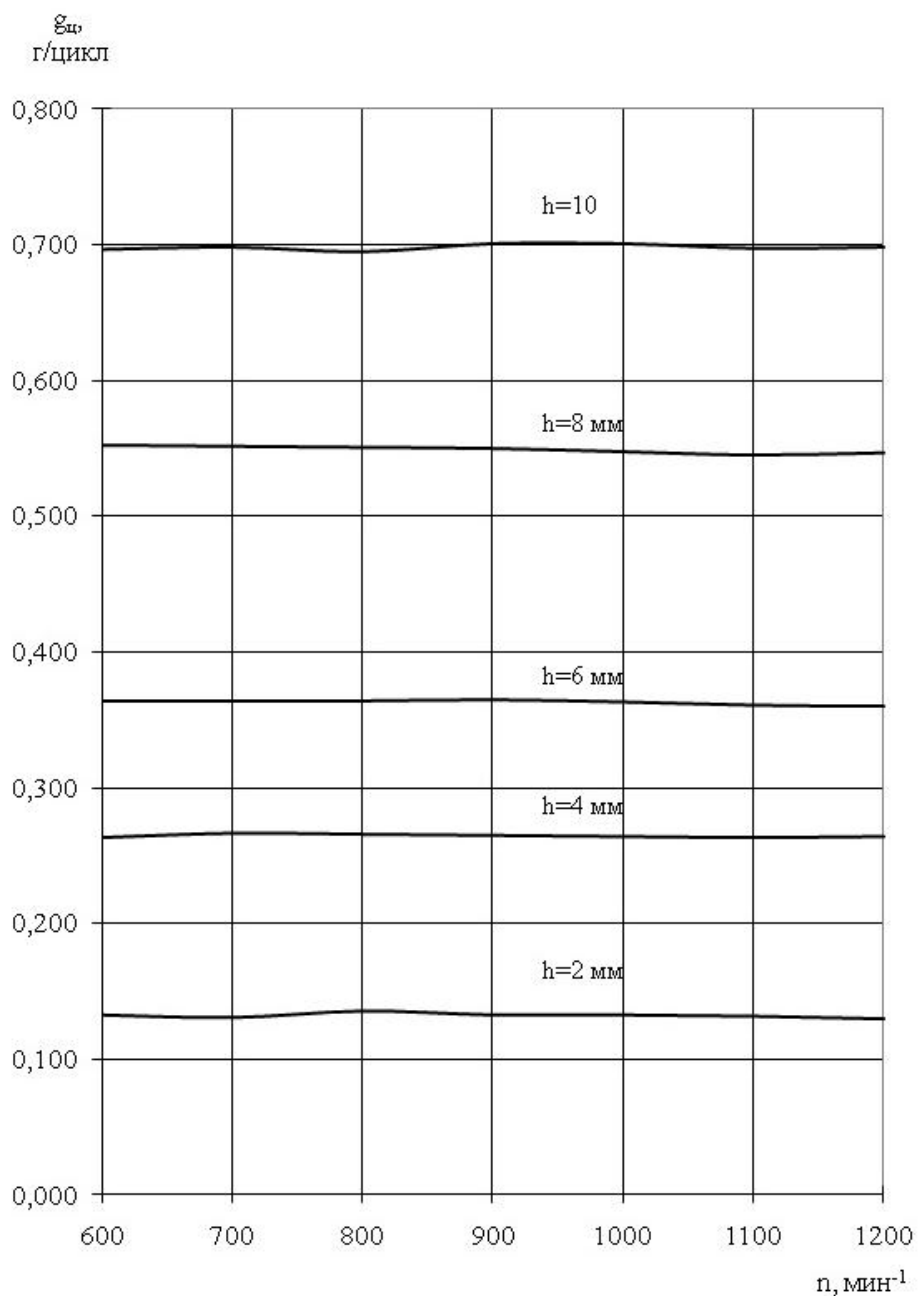


Рисунок 4.2– Скоростная характеристика ТНВД.

4.2. Исследование дизельного двигателя МТА при установившейся нагрузке.

Целью исследования двигателя МТА при установившейся нагрузке было определение технико-экономических показателей и сравнение их с техническими характеристиками заявленными заводом – изготовителем.

Результаты регуляторной характеристик представлены на рисунке 4.3 и в приложении В.

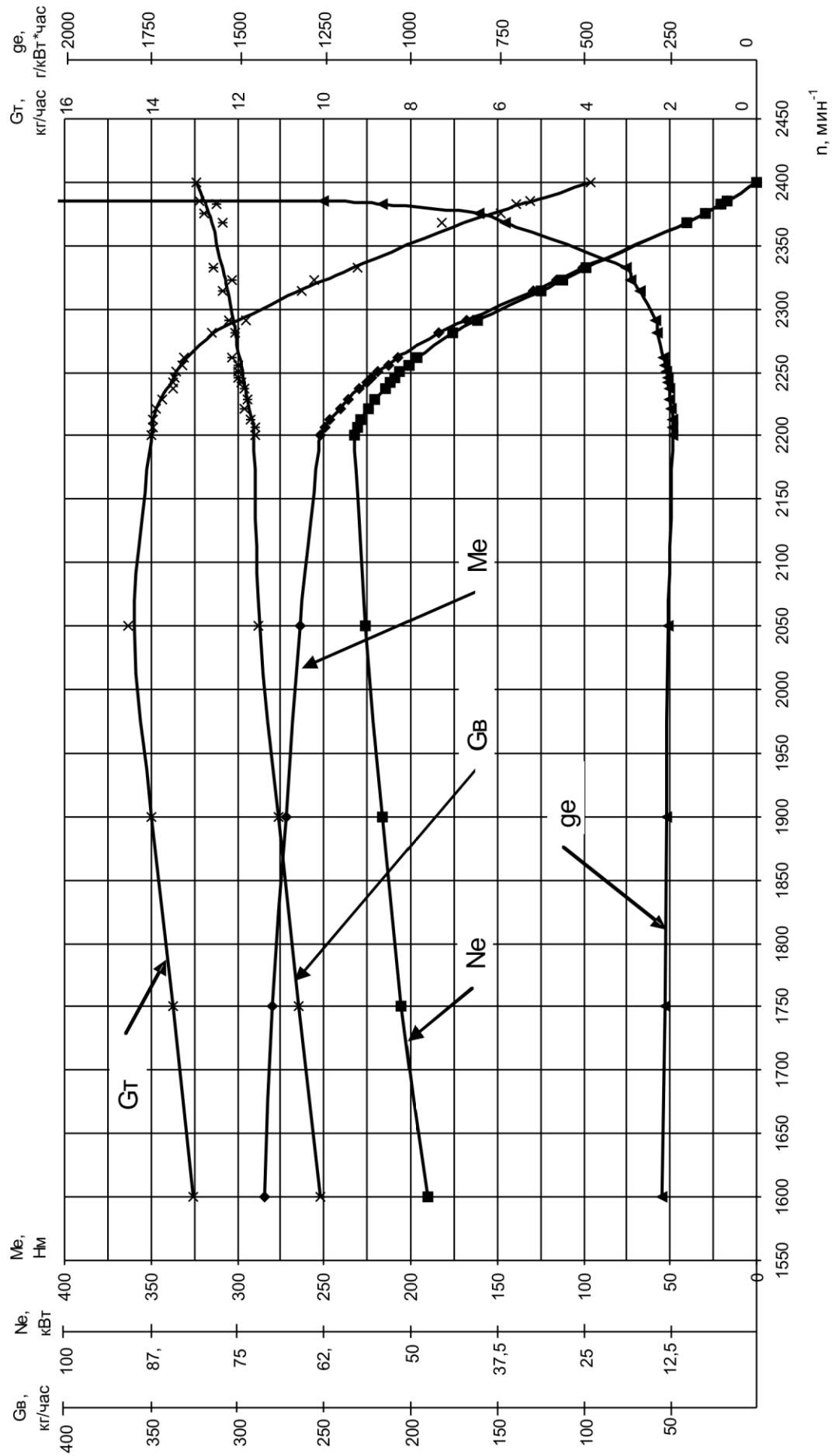


Рисунок 4.3 – Регуляторная характеристика двигателя Д-243.

4.3. Исследование двигателя МТА при неустановившейся нагрузке.

Во время экспериментальных исследований момент сопротивления МТА настраивался так, чтоб при набросе нагрузки обороты коленчатого вала двигателя не падали ниже 2200 мин^{-1} .

4.3.1. Исследование влияния коэффициента избытка воздуха на показатели двигателя МТА при неустановившейся нагрузке.

Результаты экспериментальных исследований влияния коэффициента избытка воздуха на показатели двигателя при набросе нагрузки представлены на рисунках 4.4, 4.5, 4.6, 4.7, 4.8, 4.9 и в приложении Д.

Анализ результатов влияния неустановившейся нагрузки с учетом коэффициента избытка, воздуха на показатели двигателя МТА.

При набросе нагрузки.

1.Время задержки изменения частоты вращения коленчатого вала двигателя МТА увеличивается до 0,18 с. при $\alpha = 1,23$ и $\alpha = 1,43$, по сравнению $\alpha = 1,33 - 0,15 \text{ с.}$

2.Изменение мощности двигателя МТА происходит интенсивнее при $\alpha = 1,23$, чем при $\alpha = 1,43$ на 0,8 с., но в конце переходного процесса мощность становится меньше на 1,2 кВт по сравнению с базовым двигателем.

3.Крутящий момент коленчатого вала двигателя МТА при $\alpha = 1,23$ увеличивается быстрее интенсивно (на 0,7 с) чем при $\alpha = 1,43$.

4.Удельный расход топлива уменьшается интенсивнее на 1 с. при $\alpha = 1,23$ чем при $\alpha = 1,43$.

5.Изменение часового расхода топлива практически одинаков, но в конце переходного процесса при $\alpha = 1,23$ он больше на 0,4 кг/час., чем при $\alpha = 1,43$.

6.Изменение часового расхода воздуха интенсивнее происходит на 0,7 с при $\alpha = 1,43$, чем при $\alpha = 1,23$.

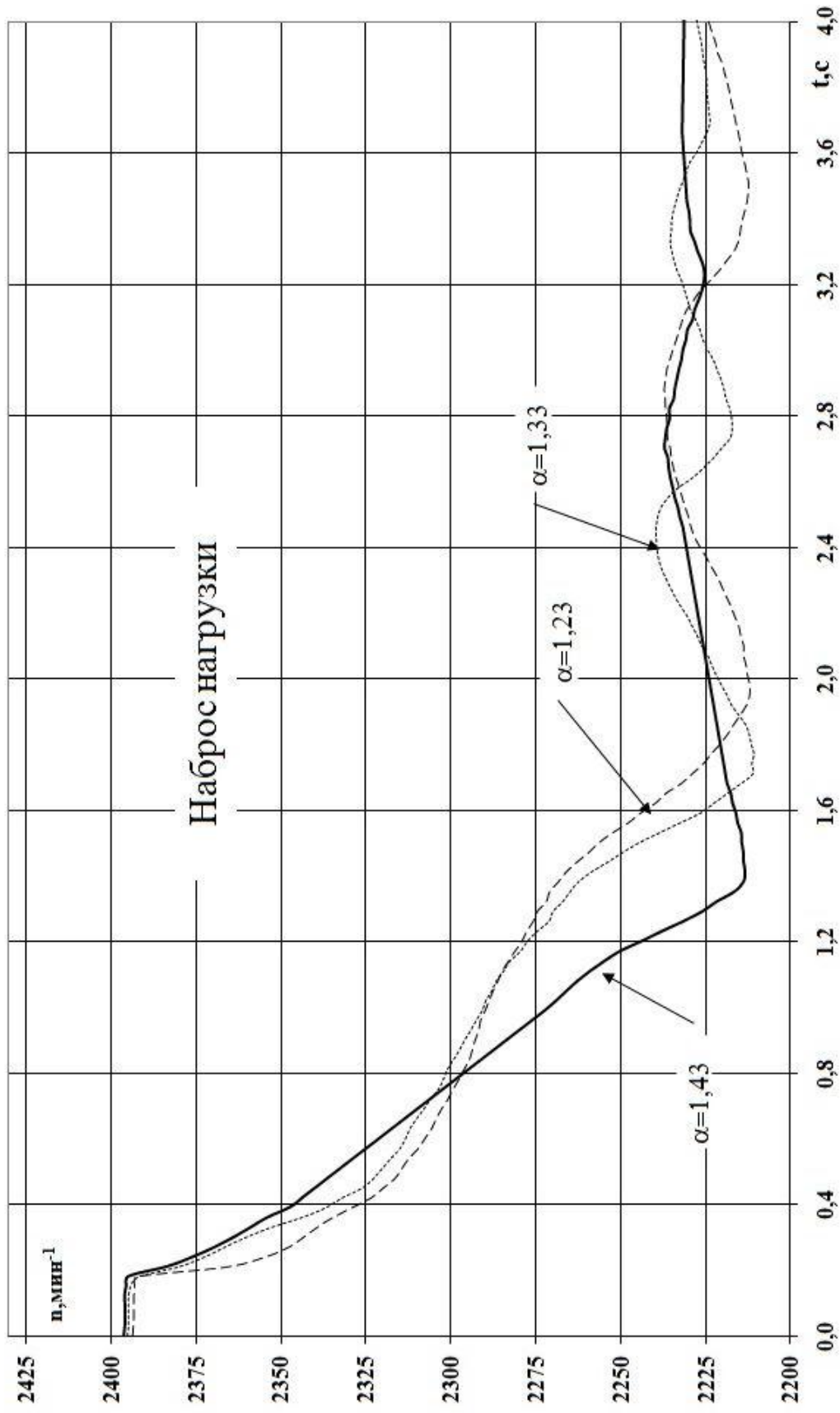


Рисунок 4.4 – График влияния коэффициента избытка воздуха на частоту вращения коленчатого вала двигателя при сбросе и набросе нагрузки.

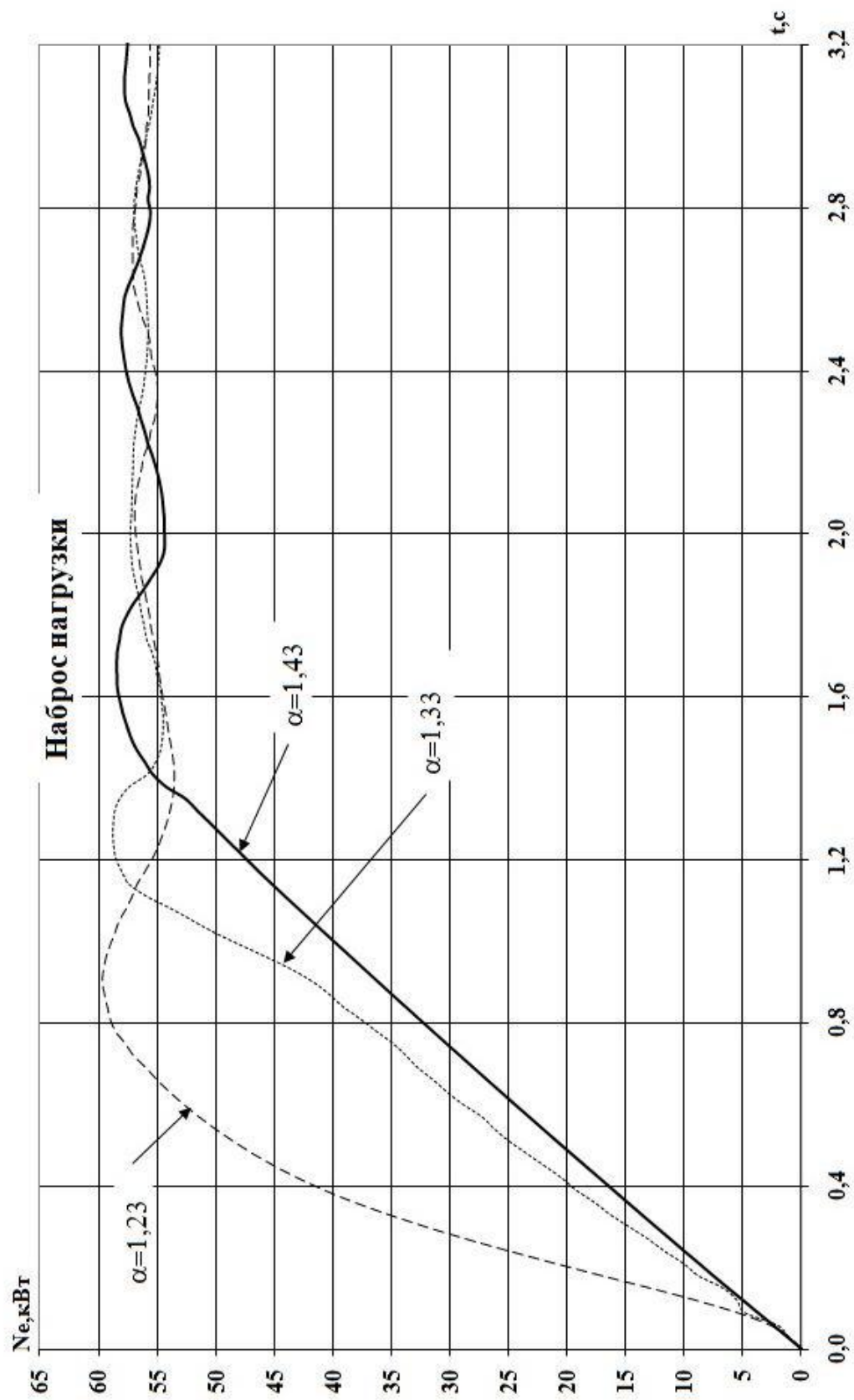


Рисунок 4.5 – График влияния коэффициента избытка воздуха на мощность двигателя при сбросе и набросе нагрузки.

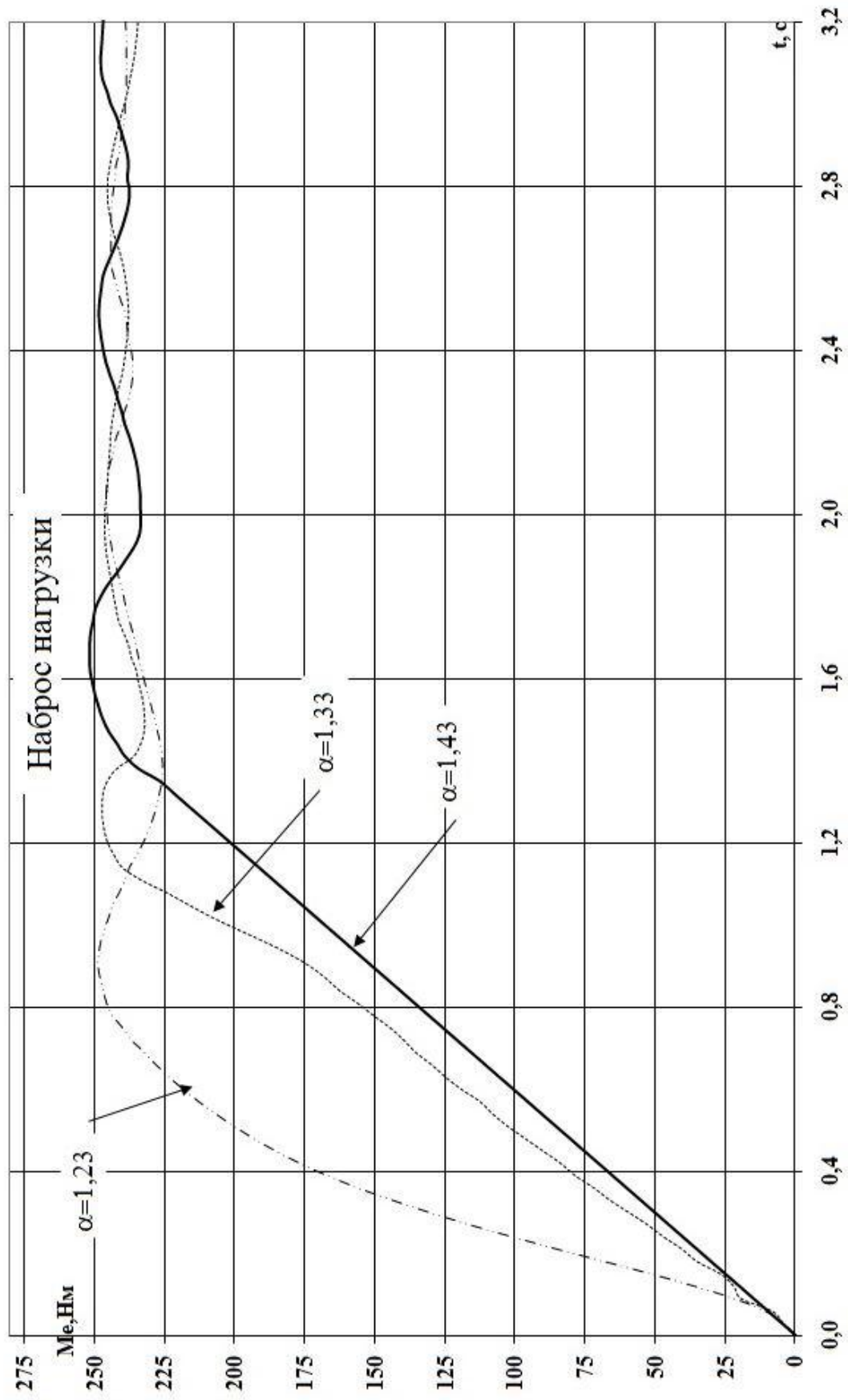


Рисунок 4.6 – График влияния коэффициента избытка воздуха на крутящий момент коленчатого вала двигателя при сбросе и набросе нагрузки.

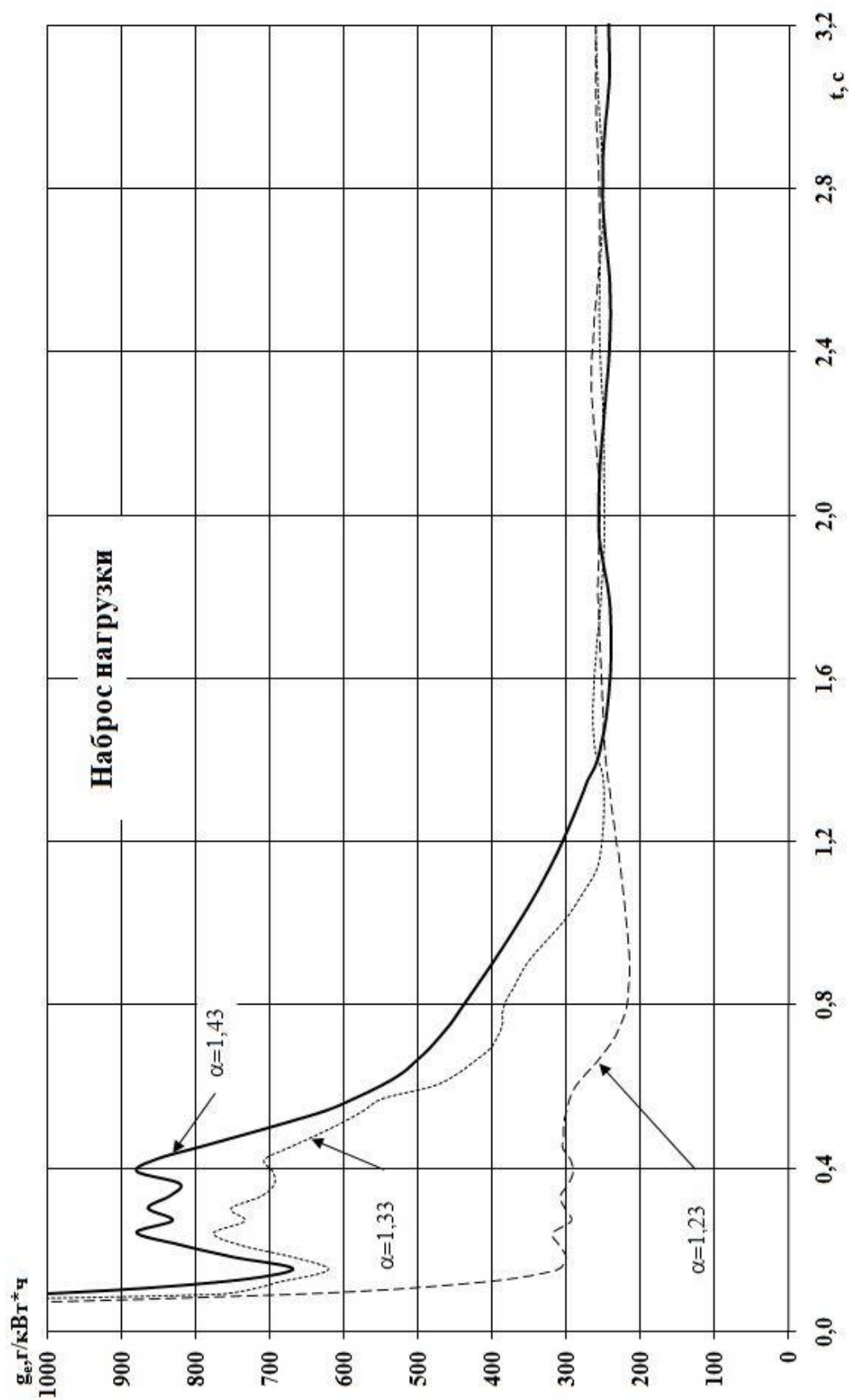


Рисунок 4.7 – График влияния коэффициента избытка воздуха на удельный расход топлива.

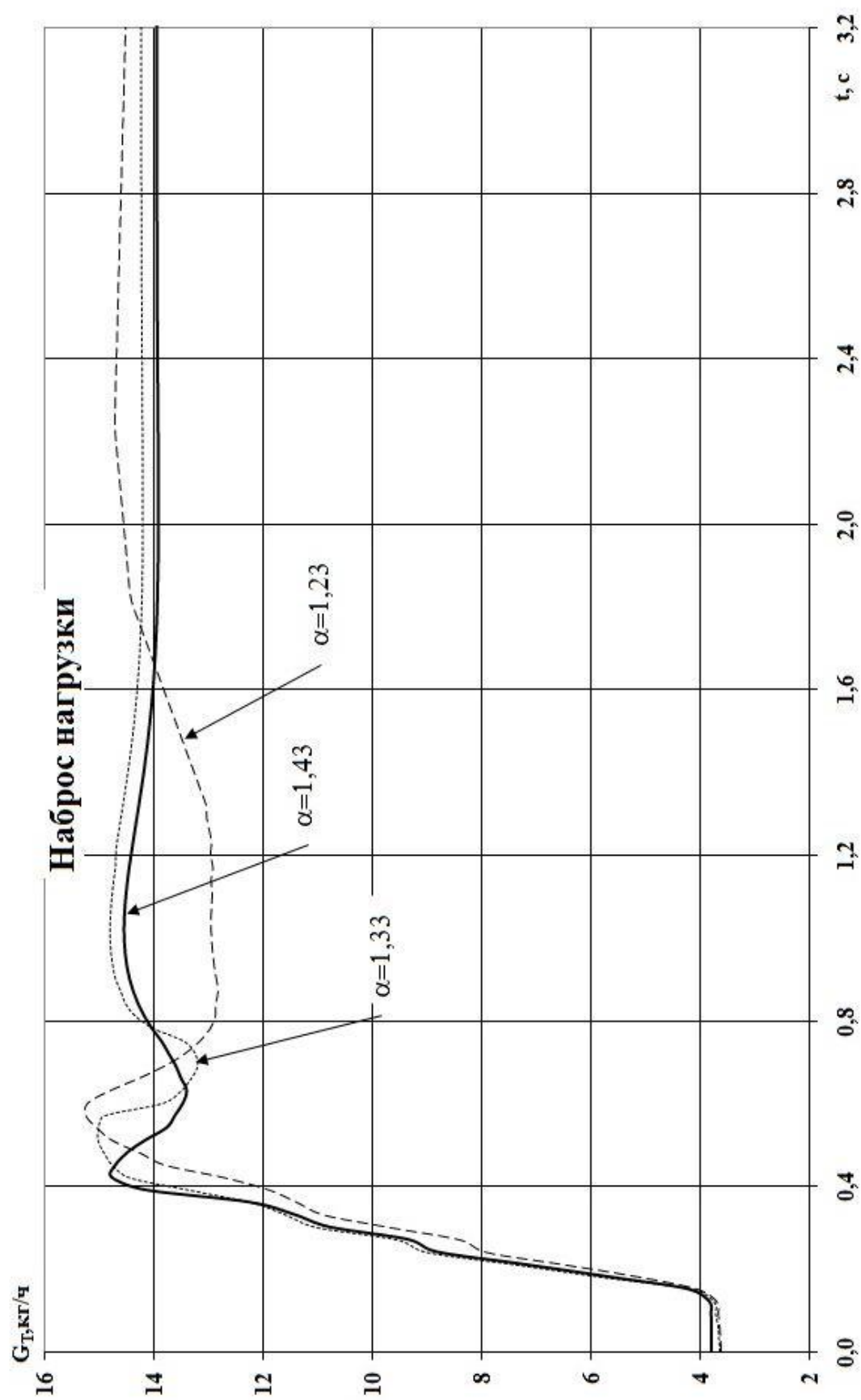


Рисунок 4.8 – График влияния коэффициента избытка воздуха на часовой расход топлива.

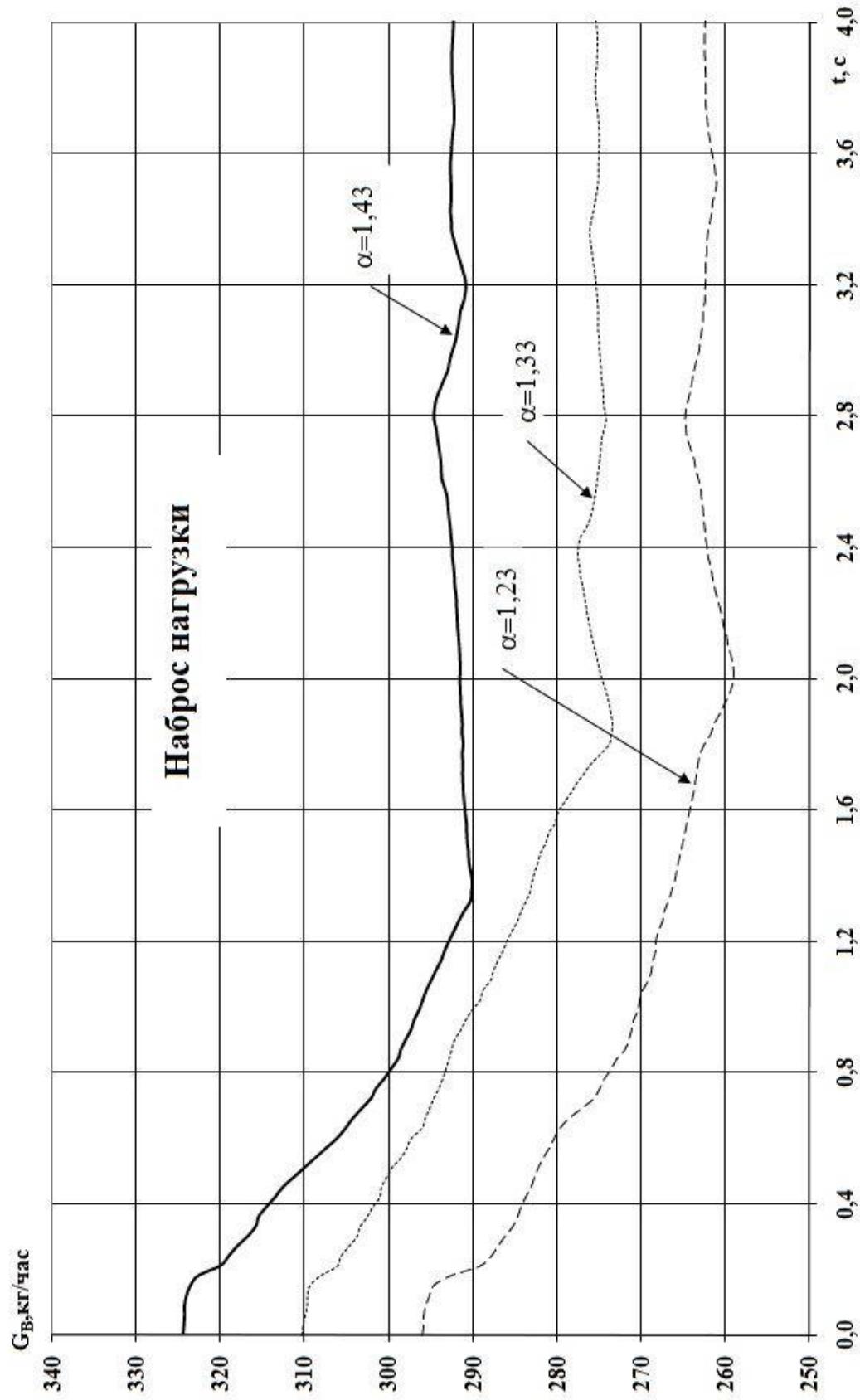


Рисунок 4.9 – График влияния коэффициента избытка воздуха на часовой расход воздуха.

На рисунках 4.10...4.12 представлены графики сходимости теоретических и полевых исследований показателей двигателя МТА при неустановившейся нагрузке.

При проведении испытаний регулировки коэффициента избытка воздуха соответствовали параметрам завода – изготовителя.

Результаты испытаний представлены в приложении Е.

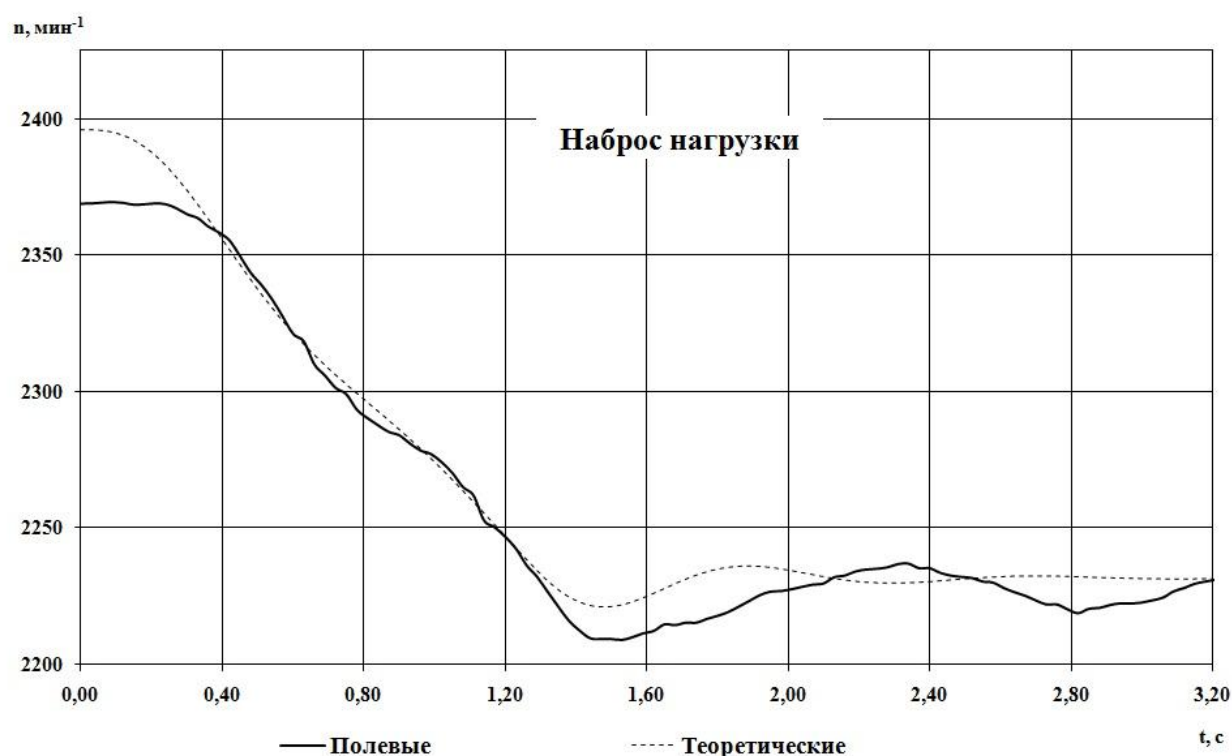


Рисунок 4.10 – График изменения оборотов коленчатого вала двигателя МТА при набросе нагрузки.

Анализируя данный график можно сказать, что теоретические и экспериментальные значения имеют хорошую сходимость, а незначительное отклонение в начальный период объясняется тем, что при проведении теоретических расчетов не учитывалась мощность, которая затрачивается на перекачивание МТА по полю

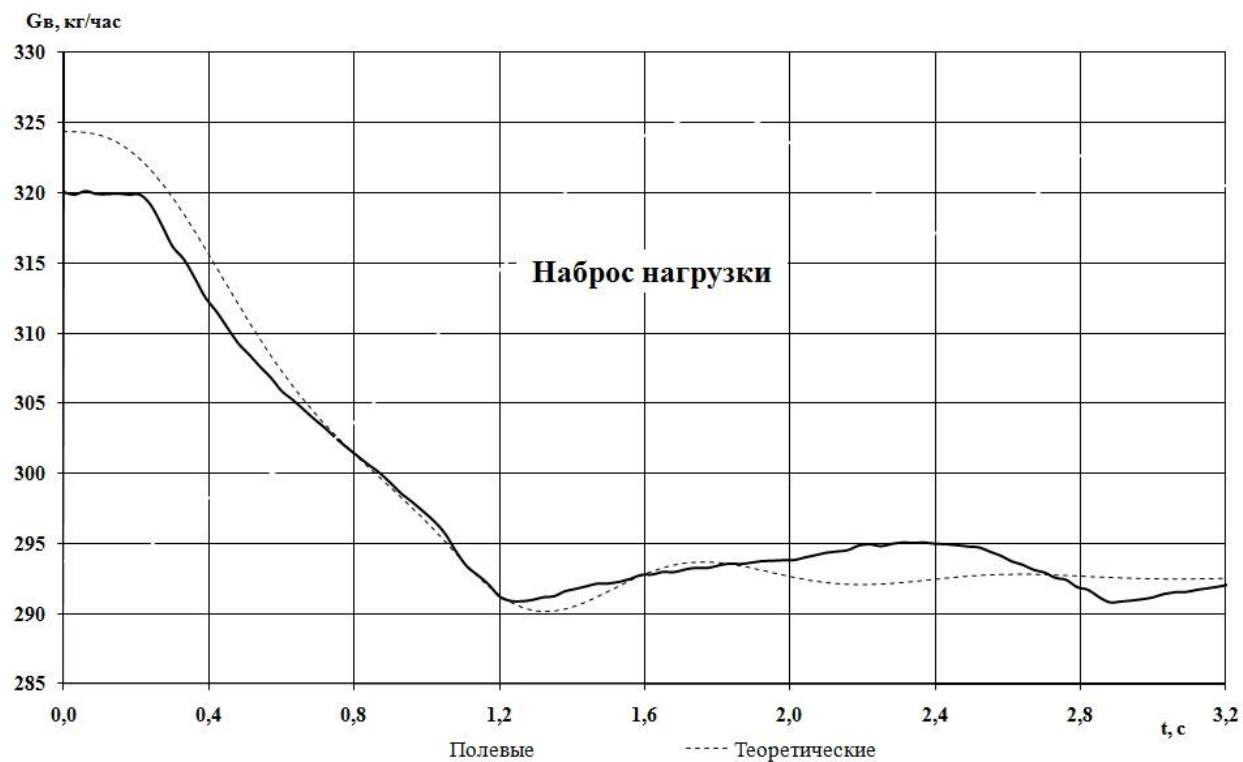


Рисунок 4.11 – Графики изменения часового расхода воздуха двигателя МТА при набросе нагрузки.

Начальные значения часового расхода воздуха несколько ниже при полевых испытаниях по сравнению с теоретическими, что обусловлено меньшей начальной частотой вращения коленчатого вала двигателя, которая в свою очередь уменьшается из-за того, что часть мощности двигателя затрачивается на перекачивание трактора.

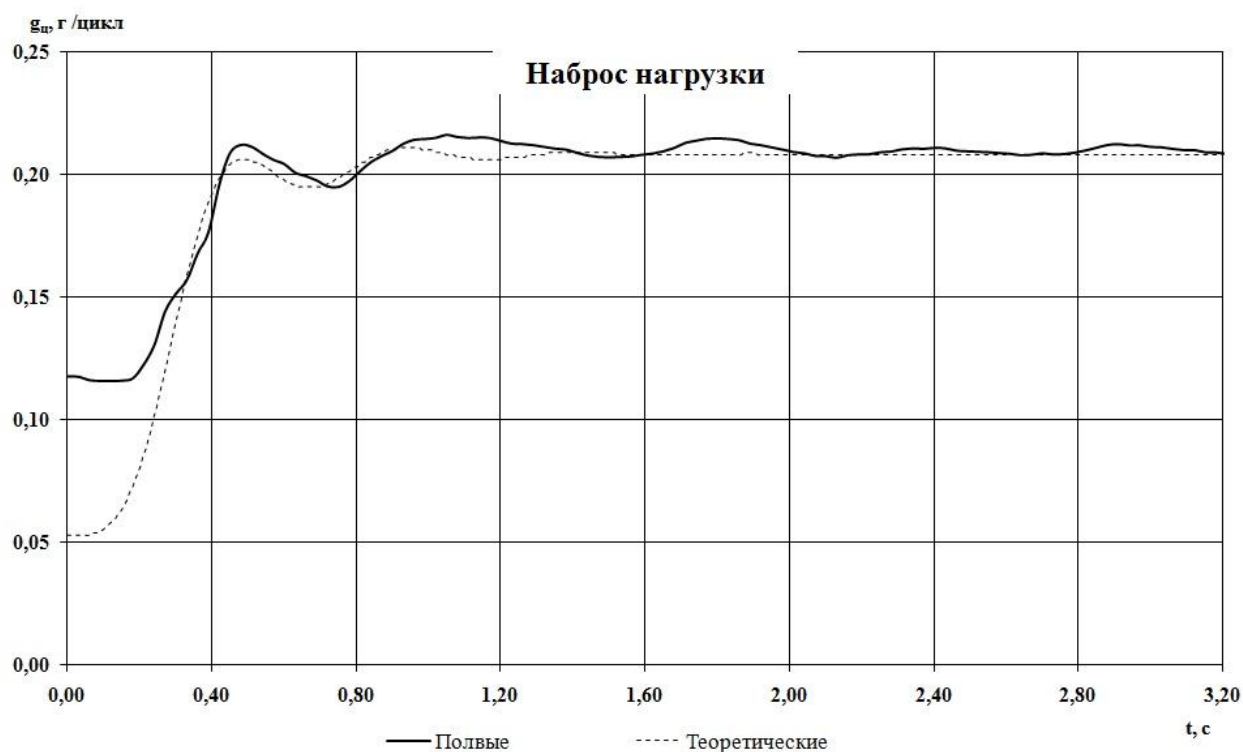


Рисунок 4.12 – Графики изменения цикловой подачи топлива при набросе нагрузки.

Графики полевых и теоретических исследований имеют хорошую сходимость.

Разность в начальный период обусловлена не значительной разницей в частоте вращения коленчатого вала двигателя МТА

В ходе проведенного сравнительного анализа теоретических и полевых экспериментов можно утверждать, что результаты имеют хорошую сходимость.

Это позволяет часть полевых экспериментов заменить теоретическими, подставляя в них различные законы нагружения и проводить дальнейшие исследования.

В ходе проведения экспериментальных исследований были определены коэффициенты дифференциальных уравнений;

время задержки изменения исследуемого показателя на возмущение.

Полученные данные позволят в дальнейшем более точно проводить теоретические исследования.

Таблица 4.1 – Значения времени задержки реакции на возмущение.

Вид регулируемого параметра	Значение времени для данного параметра, с		
	Частота вращения коленчатого вала двигателя (n)	Часовой расход воздуха	Цикловая подача топлива
Наброс нагрузки			
$\alpha=1,43$	0,18	0,12	0,12
$\alpha=1,33$	0,15	0,15	0,12
$\alpha=1,23$	0,18	0,15	0,15

Таблица 4.2.

Значения коэффициентов дифференциальных уравнений.

Вид регулируемого параметра	Значение коэффициента для данного параметра, с			
		Обороты вала двигателя (n)	Часовой расход воздуха	Цикловая подача топлива
Наброс нагрузки				
$\alpha=1,23$	T_1	0,028	0,019	0,381
	T_2	0,088	0,061	0,171
$\alpha=1,33$	T_1	0,038	0,047	0,301
	T_2	0,154	0,114	0,146
$\alpha=1,43$	T_1	0,081	0,079	0,227
	T_2	0,128	0,139	0,122

С учетом полученных данных в ходе проведения экспериментов были построены графики зависимости изменения значений коэффициентов дифференциальных уравнений от влияния коэффициента избытка воздуха при набросе нагрузки

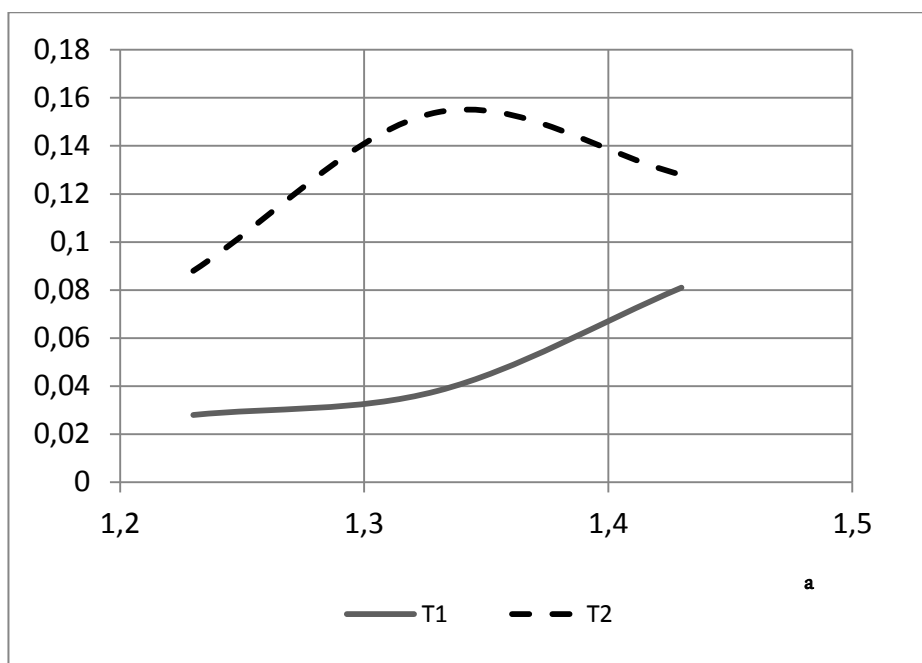


Рисунок 4.13 – График изменения коэффициентов дифференциальных уравнений, описывающих изменение частоты вращения коленчатого вала двигателя МТА в зависимости от коэффициента избытка воздуха.

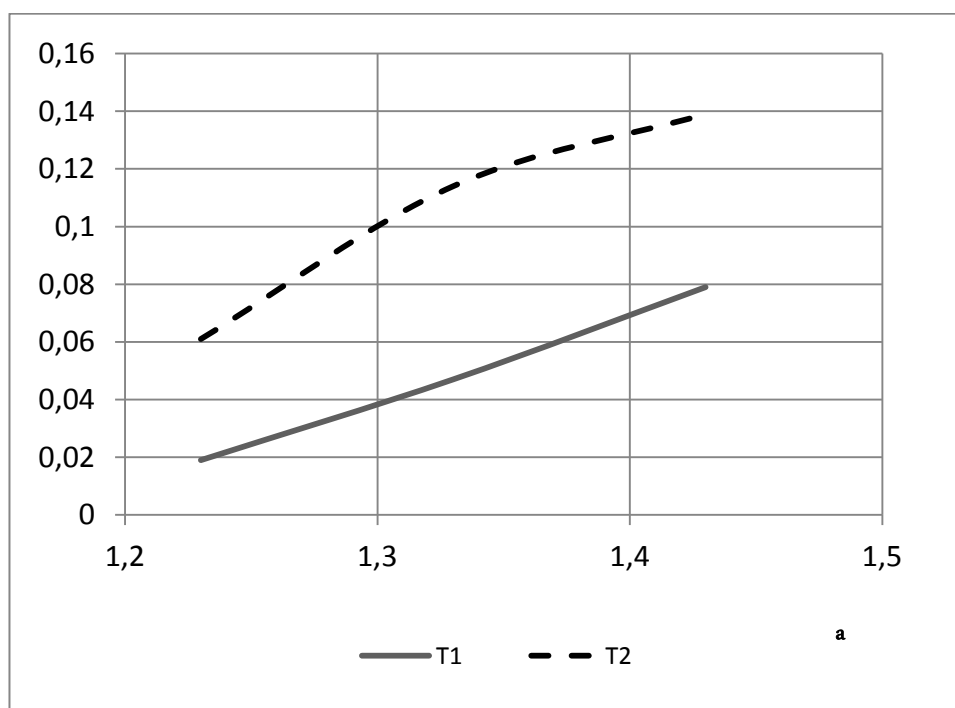
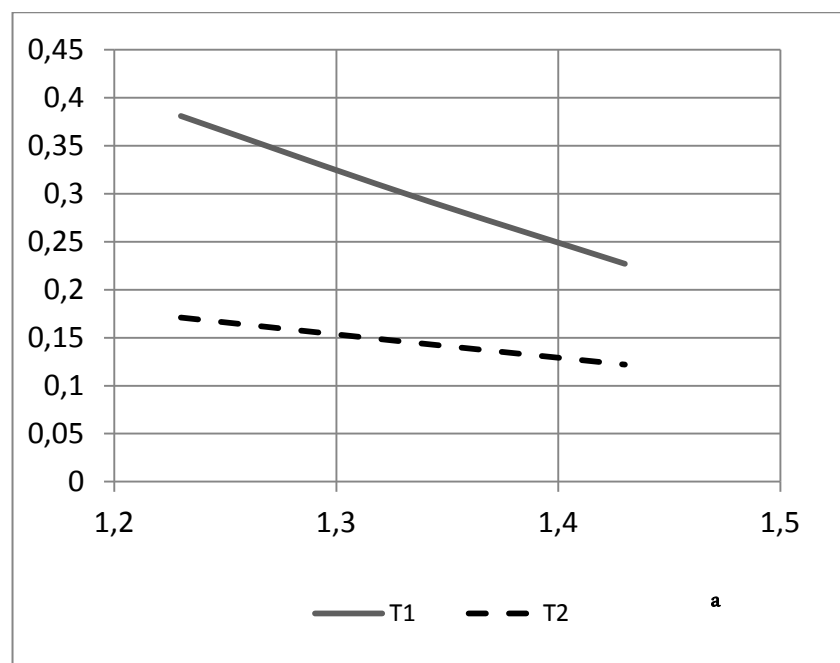


Рисунок 4.14 – График изменения коэффициентов дифференциальных уравнений, описывающих изменение часового расхода воздуха в зависимости от коэффициента избытка воздуха.



а)

б)

Рисунок 4.15 – График изменения коэффициентов дифференциальных уравнений, описывающих изменение цикловой подачи топлива в зависимости от коэффициента избытка воздуха.

Выводы:

Улучшение рабочих процессов двигателя МТА связанная с системой подачи воздуха при работе с неустановившейся нагрузкой позволит снизить потери мощности двигателя на 3...4% и уменьшить удельный расход топлива на 4...5%.

Экспериментальные (полевые) и теоретические исследования подтвердили адекватность теоретических расчетов с экспериментальными данными. Отклонение по частоте вращения коленчатого вала двигателя МТА не более 3%; цикловой подачи топлива не более 3%, часового расхода воздуха не более 4%.

5 ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ДВИГАТЕЛЯ МТА ПРИ НЕУСТАНОВИВШЕЙСЯ НАГРУЗКЕ.

5.1. Расчет технико-экономических показателей двигателя МТА.

В ходе проведения теоретических и экспериментальных исследований было установлено, что при неустойчивом характере нагрузки улучшение рабочих процессов двигателя МТА связанных с системой подачи воздуха, позволит снизить потери мощности и уменьшить расход топлива

На основании полученных данных, представленных в главе 4, использование оптимальных рабочих процессов двигателя позволит снизить удельный расход топлива на 5 % (13 г/(кВт ч)) и уменьшить потери мощности на 4 %, (2,3 кВт) .

Таблица 5.1 – Исходные данные для сравнения технико – экономических показателей двигателя Д – 243.

Показатели	Единица измерения	Двигатель с улучшенными динамическими характеристиками	Типовой двигатель Д-243.
Базовая мощность	кВт	58	58
Снижение потерь мощности	кВт	1,74...2,9	-
Номинальная частота вращения коленчатого вала двигателя	мин ⁻¹	2200	2200
Номинальный крутящий момент	Н*м	240	240
Часовой расход топлива	кг/ч	13,54	14
Удельный расход топлива	г/(кВт*ч)	228	241
Годовая загрузка двигателя МТА	моточас	1000	1000

Объем экономии топлива при использовании оптимальных рабочих процессов двигателя определяется по формуле:

$$V_{\text{э}} = \frac{g_{\text{еТ}} - g_{\text{еМ}}}{1000 * \rho_{\text{ДТ}}} * (N_{\text{е}} + \Pi_{\text{Не}}) * \Gamma_{\text{з}}, \quad (5.1)$$

где $g_{\text{еТ}}$ - удельный расход топлива типового двигателя, г/(кВт*ч);

$g_{\text{еМ}}$ - удельный расход топлива двигателя с улучшенными динамическими характеристиками, г/(кВт*ч);

$\rho_{\text{ДТ}}$ - плотность дизельного топлива ГОСТ 305 – 82, $\rho_{\text{ДТ}} = 0,84$ кг/литр, [33];

$N_{\text{е}}$ – мощность двигателя, кВт;

$\Pi_{\text{Не}}$ – снижение потерь мощности, кВт;

$\Gamma_{\text{з}}$ – годовая загрузка двигателя, час.

$$V_{\text{э}} = \frac{241 - 228}{1000000 * 0,84} * (58 + 2,3) * 1000 = 0,94 \text{ м}^3.$$

Годовая экономия определяется по формуле:

$$\text{Э}_{\text{Г}} = 1000 * V_{\text{э}} * \text{Ц}_{\text{ДТ}}, \quad (5.2)$$

где $\text{Э}_{\text{Г}}$ – годовая экономия, руб.

$\text{Ц}_{\text{ДТ}}$ – цена дизельного топлива, = 42 руб./литр (на 01.05.2019).

$$\text{Э}_{\text{Г}} = 1000 * 0,94 * 42 = 39480 \text{ руб.}$$

По результатам расчетов технико-экономических показателей двигателя МТА, с учетом улучшения характеристик связанных с системой подачи воздуха при работе с неустановившейся нагрузкой позволит получить годовую экономию 39480 рублей (по ценам на 01.05.2019) при годовой загрузке трактора 1000 моточасов.

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ ПО РАБОТЕ

По результатам выполненной работы можно сделать следующие выводы:

1. Проведенный анализ условий функционирования двигателя МТА при неустановившейся нагрузке показал, что одной из причин снижения эффективных показателей двигателя МТА в условиях эксплуатации является рассогласование систем двигателя, что приводит к увеличению расхода топлива и снижению используемой мощности двигателя МТА.
2. Уточнены теоретические зависимости изменения эффективных показателей двигателя МТА с учетом влияния коэффициента избытка воздуха при неустановившейся нагрузке, которые позволяют установить связь между характером нагрузки и эффективными показателями двигателя МТА, (формулы 2.1 – 2.13).
3. На базе созданной установке были проведены экспериментальные исследования для определения эффективных показателей двигателя в условиях эксплуатации.
4. Улучшение рабочих процессов двигателя МТА связанная с системой подачи воздуха при работе с неустановившейся нагрузкой позволит снизить потери мощности двигателя на 3...4% и уменьшить удельный расход топлива на 4...5%.
5. Применение двигателя МТА с улучшенными динамическими характеристики (система подачи воздуха) позволит уменьшить затраты на топливо на 39480 рублей (по ценам на 01.05.2019) при годовой загрузке трактора 1000 моточасов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Абрамов, М.А., Повышение эффективности функционирования дизеля машинно-тракторного агрегата электронным регулированием топливоподачи /автореферат дисс. на соискание уч. степени к.т.н.// - Санкт-Петербург-Пушкин, 2012. – 20 с .
2. Амиров, А.М. Исследования токсичности отработавших газов дизельных и газодизельных двигателей внутреннего сгорания при работе с неустановившейся нагрузкой. /А.М. Амиров, А.К. Юлдашев, С.А. Синицкий, В.М. Медведев// Научный потенциал - аграрному производству: материалы всероссийской научно-практ. конф. посвященной 450-летию вхождения Удмуртии в состав России Том III – Ижевск: ФГОУ ВПО Ижевская ГСХА, 2008.
3. Антипин, В.П. Определение влияния характеристик двигателя на его экономичность в неустановившемся режиме / В.П. Антипин – М. - Двигателестроение. - 1981. и 8. - с. 10-12.
4. Антипин, В. П. Характер влияния мощности двигателя на расход топлива в неустановившемся режиме / В. П. Антипин, А.А. Шевцов – М. - Двигателестроение, - 1986. - № 10. - с. 45-46.
5. Арютов, Б.А. Методы повышения эффективности механизированных производственных процессов по условиям их функционирования в растениеводстве / Б.А. Арютов, А.Н. Важенин, А.В. Пасин// Учебное пособие - М.: Академия Естествознания, 2010 – 210 с.
6. Архангельский, В.М. Определение экономичности работы двигателя на режимах разгона в условиях моделирующего стенда / В.М. Архангельский, К. Д. Дербаремдинер, В. И.Беднев, С. С.Эпштейн // М. - Автомобильная промышленность. - 1974. - № 8. - с. 6-8.

7. Банник, А. П. Исследование эффективности применения на тракторах двигателей постоянной мощности / А.П.Банник, О. М. Малашкнн // Труды НАТИ, М., 1978.
8. Блаженков, Е.И. Работа САР дизеля КАМАЗ-740 с трехрежимным регулятором / Е.И. Блаженков, Ю.Е. Хрящев, А.М.Тренов, Г,С. Корнилов, С.А. // Молев Двигателестроение. - 1987. - № 3- с.29-32.
9. Болтинский, В.Н. Работа тракторного двигателя при неустановившейся нагрузке / В. Н. Болтинский – М. Сельхозизд. 1959 г.
10. Вернигор, В.А. Переходные режимы тракторных агрегатов / В.А. Вернигор, А. С. Солонский - М.: Машиностроение, 1983. - 178 с.
11. Виноградов, В.А. Эффективность сложных систем / В.А.Виноградов, В.А. Гшанский, С.И. Донгуш и др // - М,: Наука, 1989. – с. 141...146.
12. Габдрафиков, Ф.З. Повышение эксплуатационных показателей машинно-тракторных агрегатов посредством разработки технологических приемов улучшения равномерности топливоподачи в их дизелях /диссертация на соискание уч. степени д.т.н.// - Санкт-Петербург 2004 г.
13. Габдрафиков, Ф.З. Повышение эффективности функционирования дизеля машинно-тракторного агрегата совершенствованием регулятора топливного насоса /Ф.З. Габдрафиков, С.Б. Шамукаев// Международная научно-практическая конференция "Совершенствование конструкции, эксплуатации и технического сервиса автотракторной и сельскохозяйственной техники". Уфа, 2013 г. – 65...73 с
14. Галиуллин, Р.Р. Повышение эффективных показателей тракторных дизелей электронным управлением топливоподачи /диссертация на соискание уч. степени д.т.н.// - Уфа 2009 г
15. Годовчук, А.Ф. Повышение топливной экономичности и машинно-тракторного агрегата на транспортных работах / А.Ф. Годовчук, И.Е. Каиьковский // Совершенствование мобильных энергетических средств в

- сельском хозяйстве; Тез. докл. научн. конф. - Чебоксары, 1983. - с.115-118.
16. Гришин, Г. Д. Исследование рабочего процесса автомобильного дизеля на режимах разгона при серийной и ступенчатой подачах топлива / Г. Д. Гришин // Кандидатская диссертация. Л., 1970. – 189 с.
 17. Крутов, В.И. Основы теории автоматического регулирования / В.И. Крутов, И.П. Спорыш, В.Д. Юношев – М., Машиностроение, 1969. – 489 с.
 18. Макаров, Р. Н. Тензометрия в машиностроении. Справочное пособие / Р. Н. Макаров – М. “Машиностроение”, 1975. - 288 с.
 19. Медведев, В.М. Исследование влияния неустановившейся нагрузки на показатели двигателя внутреннего сгорания /В.М. Медведев// Журнал «Механизация и электрификация сельского хозяйства» 2010 год № 12 стр. 28.
 20. Медведев, В.М. Определение динамических потерь двигателя Д-243 МТА при набросе нагрузке /В.М. Медведев, С.А. Синицкий// Материалы научно-практической конференции, посвященной 90-летию КГАУ”– Казань: Издательство Казанского ГАУ, 2012 .
 - 21.
 - 22.
 23. Николаенко, А. В. Улучшение топливно-энергетических и экологических показателей автотракторных двигателей: Учебное пособие / А. В.

- Николаенко – Л.: Типография Ленинградского сельскохозяйственного института, 1990. - 45 с.
24. Новицкий, П. В. Оценка погрешностей результатов измерений / П. В. Новицкий, И. А. Зограф – Л. Энергоавтомиздат. 1985. – 248 с.
 25. Патока, В.Г. Влияние коэффициентов дифференциальных уравнений на переходные характеристики двигателя МТА. / В.Г.Патока, С.А. Синицкий, А.К. Юлдашев// Актуальные проблемы механизации сельского хозяйства: материалы юбилейной научно – практической конференции. “Высшему агроинженерному образованию в Удмуртии – 50 лет”. – Ижевск, 2005. с. 143 – 147.
 26. Пришвин, С.А. Динамические измерения при исследованиях неустановившихся режимах работы автомобильных карбюраторных двигателей / С.А.Пришвин, С. С. Эпштейн // Двигателестроение. –1990. № 7 с. 25–29.
 27. Рабинович, С. Г. Погрешности измерений / С. Г. Рабинович – Л.: Энергия, 1978. – 262 с.
 28. Селифанов, С. Е. Основные положения разработки математической модели переходного процесса двигателя при использовании опережающего регулирования по нагрузке / С. Е. Селифанов, Д. А. Вахрамеев // Материалы научной конференции "Проблемы механизации сельскохозяйственного производства Республики Татарстан", Казань, 1999.
 29. Селифанов, С. Е. Двухимпульсное регулирование двигателей сельскохозяйственных тракторов. / С. Е. Селифанов, Д. А. Вахрамеев, Н. К. Максимов // Материалы XIX научно-практической конференции Ижевской ГСХА, Ижевск, 1999.
 30. Синицкий, С.А. Влияние неустановившейся нагрузки на показатели двигателя МТА. / С.А. Синицкий// Актуальные проблемы механизации сельского хозяйства: материалы юбилейной научно – практической

конференции. “Высшему агроинженерному образованию в Удмуртии – 50 лет”. – Ижевск, 2005. с. 127 – 130.

31. Синицкий, С.А. Влияние нагрузки машинно-тракторного агрегата на показатели двигателя в условиях эксплуатации. / С. А. Синицкий// Диссертация кандидатская технических наук. Казань 2005 г. с.210.
32. Хинчук, Г. И. Двухимпульсный регулятор скорости для автотракторного дизеля / Г. И. Хинчук // – М. Двигателестроение, - 1980. - № 8. - с.29-31.
33. Хитрюк, З.А. Цехов Е.С. Практикум по автотракторным двигателям: учебное пособие / З.А. Хитрюк, Е.С. Цехов // - Мн.: Урожай, 1989 - 143 с.
34. Хохлов, Ф.Ф. Влияние переходных процессов на выходные показатели тракторного дизеля / Ф.Ф.Хохлов // Повышение технико-экономических показателей тракторов: Тр. Челябинского ин-та мех-ции эл-ции сельского хоз-ва. - 1985. - с. 88-94.
35. Юлдашев, А.К. Динамика рабочих процессов двигателя машинно – тракторных агрегатов / А.К. Юлдашев – Казань, Татарское кн. изд – во, 1980, 142 с.
36. Юлдашев, А.К. Изменение индикаторных показателей вихрекамерного тракторного дизеля при неустановившейся нагрузке / А.К. Юлдашев // Кандидатская диссертация. Москва 1960. 210с.
37. Юлдашев, А. К. К вопросу оценки динамики двигателей внутреннего сгорания / А.К. Юлдашев // Сборник “Наука сельскохозяйственному производству”. Казань, 1974, Таткнигоиздат.
38. Юлдашев, А. К. К выбору критериев оценки совершенства переходных процессов в двигателях / А.К. Юлдашев // Сборник “Совершенствование эксплуатационных качеств тракторов, автомобилей и двигателей”. Труды ГСХИ, т. 31 Горький, 1976.
39. Юлдашев, А.К. Разработка путей динамических качеств автотракторных дизелей / А.К. Юлдашев // Докторская диссертация. Казань, 1985. 373 с.

40. Buberts S. Reglungsverhalten von vier takt. Dieselmotoren mit Abgasturboanflodung. Mash. neu bautechnik, 1971, 20, № 5.
41. Medvedev, V.M. Operating conditions of the D-240 Engine based dual fuel gas-diesel engine of the agricultural tractjr/ Medvedev V.M., Ahmetzyanov I.R., Shiriyazdanov R.R., Khaliullin F.K/ «European Conference on Innovations in Technical and Natural Sciences» Proceedings of the 2nd International scientific conference (May 12, 2014). «East West» Association for Advanced Studies and Higher Education GmbH. Vienna.2014
42. Khaliullin, F.K., Approaches for numerical simulation of mobile machines in actual operating conditions /Khaliullin F.K., Shiriyazdanov R.R., Ahmetzyanov I.R., Medvedev V.M./ International Conference «Global Science and Innovation»/ - USA. Chicago, may 21-22, 2014

ПРИЛОЖЕНИЯ**Приложение А**

Скоростная характеристика ТНВД двигателя Д – 243.

n, мин ⁻¹	Ход рейки дозатора , мм				
	h=2	h=4	h=6	h=8	h=10
600	0,133	0,263	0,365	0,553	0,697
700	0,131	0,266	0,365	0,552	0,699
800	0,135	0,265	0,365	0,551	0,696
900	0,133	0,265	0,365	0,550	0,701
1000	0,133	0,264	0,364	0,548	0,701
1100	0,132	0,263	0,361	0,545	0,698
1200	0,130	0,264	0,360	0,547	0,699

Приложение Б

Регуляторная характеристика топливного насоса.

п, мин- 1	Подача за опыт (Vi) , мм ³ (500 циклов)				V ср., см ³	g ц, г/цикл	δ, %
	1	2	3	4			
600	37	38	37	36	37,00	0,249	5,4%
600	36	36	36	35	35,75	0,240	2,8%
600	38	38	37	36	37,25	0,250	5,4%
700	39	40	39	38	39,00	0,262	5,1%
700	38	38	37	38	37,75	0,254	2,6%
700	39	39	38	38	38,50	0,259	2,6%
800	42	42	41	41	41,50	0,279	2,4%
800	38	39	38	37	38,00	0,255	5,3%
800	39	40	39	40	39,50	0,265	2,5%
900	38	38	37	38	37,75	0,254	2,6%
900	39	38	38	38	38,25	0,257	2,6%
900	38	39	38	38	38,25	0,257	2,6%
1000	37	37	36	37	36,75	0,247	2,7%
1000	37	38	37	37	37,25	0,250	2,7%
1000	38	39	38	38	38,25	0,257	2,6%
1100	34	34	33	33	33,50	0,225	3,0%
1100	36	36	35	35	35,50	0,239	2,8%
1100	35	36	35	35	35,25	0,237	2,8%
1150	25	26	24	25	25,00	0,168	8,0%
1150	21	21	21	20	20,75	0,139	4,8%
1150	20	20	19	20	19,75	0,133	5,1%
1200	5	4	5	5	4,75	0,032	21,1%
1200	4	4	4	5	4,25	0,029	23,5%
1200	5	5	4	5	4,75	0,032	21,1%
1210	0	0	0	0	0,00	0,000	0%
1210	0	0	0	0	0,00	0,000	0%
1210	0	0	0	0	0,00	0,000	0%

Приложение В

Регуляторная характеристика двигателя.

$n, \text{мин}^{-1}$	$M_e, \text{Н}$	$N_e, \text{кВт}$	$g_e, \text{г/кВт*ч}$	$G_T, \text{кг/час}$	$G_B, \text{кг/час}$
1600	271	45,41	273,30	12,41	254,34
1750	267	48,93	262,80	12,86	267,17
1900	259	51,53	258,70	13,33	279,41
2050	251	53,88	257,10	13,85	291,14
2200	240	55,29	241,10	13,33	293,05
2206,3	238,1	55,06	242,10	13,33	293,05
2212,7	235,2	54,84	243,10	13,33	294,95
2221,7	229,5	54,47	244,70	13,33	298,70
2229,1	224,9	53,53	244,50	13,09	296,83
2237,1	218,5	50,51	254,60	12,86	298,70
2242,5	214,5	50,34	255,50	12,86	300,56
2245,5	212	50,26	255,90	12,86	302,41
2250,5	208,6	50,05	256,90	12,86	302,41
2255,5	202,6	48,66	259,60	12,63	302,41
2261,9	197,4	47,99	262,30	12,59	306,08
2280,8	175	41,93	286,20	12,00	304,25
2291,3	160	38,47	292,40	11,25	307,90
2314,6	123	29,63	337,50	10,00	311,50
2323,1	110	26,56	366,30	9,73	306,08
2333	96	23,26	377,50	8,78	316,82
2367,8	38,4	8,82	784,60	6,92	311,50
2375,2	28,2	6,63	849,20	5,63	322,06
2382,2	19,6	4,46	1186,10	5,29	315,06
2385,2	16	3,97	1259,40	5,00	325,50
2400	0	0,00		3,67	327,21

Приложение Г

Расчет погрешности регуляторной характеристики двигателя.
Обороты коленчатого вала двигателя.

№ опыта			$\bar{X}$	σ	v	$\sigma_{\bar{X}}$
1	2	3				
1600,0	1601,1	1598,4	1599,8	1,3583	0,08	0,784
1750,0	1751,1	1748,1	1749,7	1,5182	0,09	0,877
1900,0	1901,1	1898,3	1899,8	1,4107	0,07	0,814
2050,0	2051,1	2048,5	2049,9	1,3058	0,06	0,754
2200,0	2201,1	2198,6	2199,9	1,2530	0,06	0,723
2206,0	2207,1	2204,5	2205,9	1,3058	0,06	0,754
2213,0	2214,1	2211,7	2212,9	1,2021	0,05	0,694
2222,0	2223,1	2220,1	2221,7	1,5182	0,07	0,877
2229,0	2230,1	2227,4	2228,8	1,3583	0,06	0,784
2237,0	2238,1	2235,0	2236,7	1,5716	0,07	0,907
2243,0	2244,1	2241,1	2242,7	1,5182	0,07	0,877
2246,0	2247,1	2244,4	2245,8	1,3583	0,06	0,784
2251,0	2252,1	2249,5	2250,9	1,3058	0,06	0,754
2256,0	2257,1	2254,1	2255,7	1,5182	0,07	0,877
2262,0	2263,1	2260,4	2261,8	1,3583	0,06	0,784
2281,0	2282,1	2279,6	2280,9	1,2530	0,05	0,723
2291,0	2292,1	2289,1	2290,7	1,5182	0,07	0,877
2315,0	2316,1	2313,11	2314,7	1,5130	0,07	0,874
2323,0	2324,1	2321,20	2322,8	1,4646	0,06	0,846
2333,0	2334,1	2331,16	2332,8	1,4865	0,06	0,858
2368,0	2369,1	2366,19	2367,8	1,4701	0,06	0,849
2375,0	2376,1	2373,12	2374,7	1,5077	0,06	0,870
2382,0	2383,1	2380,10	2381,7	1,5182	0,06	0,877
2385,0	2386,1	2383,00	2384,7	1,5716	0,07	0,907
2400,0	2401,1	2398,15	2399,8	1,4921	0,06	0,861

Крутящий момент коленчатого вала двигателя.

№ опыта			$\bar{X}$	σ	v	$\sigma_{\bar{X}}$
1	2	3				
284,2	283,5	285,1	284,3	0,8031	0,28	0,464
280,0	279,3	281,09	280,1	0,9028	0,32	0,521
271,6	270,9	272,66	271,7	0,8865	0,33	0,512
263,3	262,5	264,25	263,4	0,8782	0,33	0,507
251,7	251,0	252,72	251,8	0,8650	0,34	0,499
249,7	249,0	250,73	249,8	0,8703	0,35	0,502
246,7	246,0	247,69	246,8	0,8491	0,34	0,490
240,7	240,0	241,66	240,8	0,8335	0,35	0,481
235,9	235,2	236,86	236,0	0,8335	0,35	0,481
229,2	228,4	230,18	229,3	0,8929	0,39	0,516
225,0	224,3	225,98	225,1	0,8439	0,37	0,487
222,4	221,6	223,31	222,4	0,8568	0,39	0,495
218,8	218,1	219,74	218,9	0,8233	0,38	0,475
212,5	211,8	213,48	212,6	0,8439	0,40	0,487
207,0	206,3	208,06	207,1	0,8865	0,43	0,512
183,5	182,8	184,55	183,6	0,8811	0,48	0,509
167,8	167,1	168,81	167,9	0,8597	0,51	0,496
129,0	128,3	129,88	129,1	0,7932	0,61	0,458
115,4	114,7	116,35	115,5	0,8284	0,72	0,478
100,7	100,0	101,61	100,8	0,8081	0,80	0,467
40,3	39,6	41,21	40,4	0,8081	2,00	0,467
29,6	28,9	30,52	29,7	0,8131	2,74	0,469
20,6	19,8	21,24	20,5	0,7237	3,53	0,418
16,8	16,1	17,66	16,9	0,7835	4,64	0,452
0,1	0,1	0,14	0,1	0,0283	28,30	0,016

Часовой расход воздуха.

№ опыта			$\bar{X}$	σ	v	$\sigma_{\bar{X}}$
1	2	3				
251,80	252,28	251,23	251,8	0,5269	0,21	0,304
264,50	264,98	264,73	264,7	0,2442	0,09	0,141
276,62	277,10	276,39	276,7	0,3623	0,13	0,209
288,23	288,71	287,96	288,3	0,3799	0,13	0,219
290,12	290,60	289,85	290,2	0,3801	0,13	0,219
290,12	290,60	289,75	290,2	0,4295	0,15	0,248
292,00	292,48	291,93	292,1	0,3027	0,10	0,175
295,71	296,19	295,58	295,8	0,3230	0,11	0,186
293,86	294,34	293,87	294,0	0,2758	0,09	0,159
295,71	296,19	295,77	295,9	0,2618	0,09	0,151
297,55	298,03	297,56	297,7	0,2748	0,09	0,159
299,39	299,87	299,42	299,6	0,2733	0,09	0,158
299,39	299,87	299,02	299,4	0,4274	0,14	0,247
299,39	299,87	299,09	299,5	0,3982	0,13	0,230
303,02	303,50	302,98	303,2	0,2922	0,10	0,169
301,21	301,69	300,93	301,3	0,3854	0,13	0,223
304,82	305,30	304,55	304,9	0,3801	0,12	0,219
308,39	308,87	308,61	308,6	0,2420	0,08	0,140
303,02	303,50	302,71	303,1	0,3991	0,13	0,230
313,65	314,13	313,43	313,7	0,3608	0,12	0,208
308,39	308,87	308,09	308,5	0,3982	0,13	0,230
318,84	319,32	318,54	318,9	0,3934	0,12	0,227
311,91	312,39	311,59	312,0	0,4052	0,13	0,234
322,25	322,73	321,91	322,3	0,4120	0,13	0,238
323,94	324,42	323,59	324,0	0,4172	0,13	0,241

Цикловая подача топлива.

№ опыта			$\bar{X}$	σ	v	$\sigma_{\bar{X}}$
1	2	3				
0,271	0,274	0,271	0,272	0,0017	0,63	0,0010
0,257	0,259	0,257	0,258	0,0012	0,47	0,0007
0,246	0,248	0,246	0,247	0,0012	0,49	0,0007
0,236	0,238	0,239	0,238	0,0016	0,67	0,0009
0,212	0,214	0,212	0,213	0,0012	0,56	0,0007
0,211	0,213	0,211	0,212	0,0012	0,57	0,0007
0,210	0,212	0,210	0,211	0,0012	0,57	0,0007
0,208	0,210	0,210	0,209	0,0012	0,57	0,0007
0,205	0,207	0,207	0,206	0,0012	0,58	0,0007
0,201	0,203	0,201	0,202	0,0012	0,59	0,0007
0,200	0,202	0,202	0,201	0,0012	0,60	0,0007
0,200	0,201	0,199	0,200	0,0010	0,50	0,0006
0,198	0,200	0,199	0,199	0,0010	0,50	0,0006
0,196	0,198	0,197	0,197	0,0010	0,51	0,0006
0,195	0,196	0,195	0,195	0,0007	0,36	0,0004
0,184	0,186	0,184	0,185	0,0012	0,65	0,0007
0,172	0,173	0,173	0,173	0,0007	0,40	0,0004
0,151	0,153	0,151	0,152	0,0012	0,79	0,0007
0,147	0,148	0,148	0,148	0,0007	0,47	0,0004
0,132	0,133	0,132	0,132	0,0007	0,53	0,0004
0,102	0,104	0,103	0,103	0,0010	0,97	0,0006
0,083	0,085	0,084	0,084	0,0010	1,19	0,0006
0,078	0,079	0,079	0,079	0,0007	0,89	0,0004
0,073	0,075	0,074	0,074	0,0010	1,35	0,0006
0,053	0,055	0,053	0,054	0,0012	2,22	0,0007

Приложение Д

Влияние коэффициента избытка воздуха на показатели
двигателя при набросе нагрузки

Таблица 1 – $\alpha = 1,43$ наброс нагрузки.

Время, (t) с	Обороты, (n) мин ⁻¹	Момент двигателя, Нм	Мощность, кВт	Расход топлива, кг/час	Удельный расход топлива, г/кВтчас	Коэф избытка воздуха	Расход воздуха , кг/час	Циклов ая подача, г/цикл	Момент тормоза, Нм
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	2396,20	0,01	0,003	3,814	4200,20	5,866	324,41	0,05306	0,00
0,03	2395,90	5,05	1,267	3,815	3010,97	5,863	324,32	0,05308	4,92
0,06	2395,80	10,08	2,529	3,817	1509,32	5,858	324,24	0,05311	9,84
0,09	2395,80	15,12	3,793	3,821	1007,27	5,852	324,24	0,05316	14,76
0,12	2396,00	20,16	5,058	3,853	761,72	5,799	324,00	0,05360	19,68
0,15	2395,50	25,19	6,319	4,229	669,24	5,276	323,55	0,05885	24,60
0,18	2394,80	30,23	7,581	5,691	750,68	3,909	322,60	0,07921	29,52
0,21	2383,40	35,27	8,803	7,237	822,11	3,049	320,00	0,10121	34,44
0,24	2375,70	40,31	10,028	8,830	880,50	2,492	319,00	0,12389	39,36
0,27	2369,20	45,34	11,249	9,360	832,08	2,343	318,00	0,13169	44,28
0,3	2363,70	50,38	12,470	10,788	865,09	2,025	316,74	0,15213	49,20
0,33	2358,70	55,42	13,689	11,436	835,42	1,904	315,80	0,16161	54,12
0,36	2353,80	60,45	14,900	12,252	822,27	1,776	315,45	0,17351	59,04
0,39	2347,32	65,49	16,098	14,170	880,23	1,531	314,50	0,20122	63,96
0,42	2343,56	70,53	17,309	14,780	853,88	1,463	313,47	0,21022	68,88
0,45	2339,80	75,56	18,514	14,714	794,75	1,465	312,57	0,20962	73,80
0,48	2336,04	80,60	19,717	14,501	735,45	1,480	311,28	0,20692	78,72
0,51	2332,28	85,64	20,916	14,170	677,46	1,509	309,99	0,20252	83,64
0,54	2328,52	90,67	22,109	13,781	623,32	1,545	308,69	0,19728	88,56
0,57	2324,76	95,71	23,300	13,626	584,80	1,556	307,40	0,19538	93,48
0,6	2321,00	100,75	24,488	13,479	550,44	1,566	306,10	0,19358	98,40
0,63	2317,24	105,79	25,671	13,413	522,49	1,569	305,12	0,19295	103,32
0,66	2313,48	110,82	26,848	13,516	503,43	1,552	304,26	0,19474	108,24
0,69	2309,72	115,86	28,023	13,612	485,74	1,536	303,22	0,19645	113,16
0,72	2305,96	120,90	29,195	13,744	470,77	1,516	302,13	0,19867	118,08
0,75	2302,20	125,93	30,360	13,877	457,08	1,499	301,54	0,20092	123,00
0,78	2298,44	130,97	31,523	14,048	445,64	1,475	300,55	0,20373	127,92
0,81	2294,68	136,01	32,683	14,189	434,14	1,457	299,76	0,20611	132,84
0,84	2290,92	141,04	33,836	14,302	422,68	1,442	298,94	0,20810	137,76
0,87	2287,16	146,08	34,988	14,391	411,32	1,431	298,58	0,20974	142,68
0,9	2283,40	151,12	36,135	14,457	400,08	1,422	298,00	0,21104	147,60
0,93	2279,64	156,15	37,277	14,505	389,12	1,414	297,37	0,21209	152,52
0,96	2275,88	161,19	38,416	14,537	378,41	1,409	297,00	0,21291	157,44
0,99	2272,12	166,23	39,552	14,553	367,95	1,405	296,42	0,21350	162,36
1,02	2268,80	171,27	40,692	14,558	357,76	1,402	296,00	0,21389	167,28
1,05	2265,70	176,30	41,830	14,552	347,89	1,401	295,56	0,21409	172,20
1,08	2262,50	181,34	42,965	14,538	338,37	1,399	295,00	0,21419	177,12
1,11	2258,80	186,38	44,087	14,517	329,28	1,399	294,44	0,21423	182,04

Время, (t) с	Оборот ы, (n) мин ⁻¹	Момен т двигате ля, Нм	Мощнос ть, кВт	Расхо д топли ва, кг/час	Удельны й расход топлива, г/кВтчас	Коэф избытка воздуха	Расход воздуха , кг/час	Циклов ая подача, г/цикл	Момен т тормоз а, Нм
1,14	2254,60	191,41	45,192	14,491	320,65	1,398	293,83	0,21424	186,96
1,17	2250,00	196,45	46,287	14,462	312,44	1,399	293,40	0,21425	191,88
1,2	2243,70	201,49	47,342	14,428	304,76	1,400	292,89	0,21435	196,80
1,23	2237,80	206,52	48,396	14,394	297,42	1,400	292,29	0,21441	201,72
1,26	2231,50	211,56	49,438	14,358	290,43	1,401	291,73	0,21447	206,64
1,29	2225,90	216,60	50,489	14,322	283,67	1,402	291,11	0,21448	211,56
1,32	2221,70	221,63	51,564	14,286	277,06	1,402	290,36	0,21434	216,48
1,35	2216,50	226,67	52,613	14,252	270,89	1,404	290,21	0,21433	221,40
1,38	2213,80	234,20	54,294	14,218	261,87	1,407	290,12	0,21408	226,32
1,41	2213,30	239,00	55,395	14,186	256,09	1,411	290,31	0,21365	231,24
1,44	2213,70	241,80	56,054	14,156	252,54	1,415	290,52	0,21316	236,16
1,47	2213,80	244,80	56,752	14,127	248,93	1,419	290,57	0,21271	241,08
1,5	2214,30	246,90	57,251	14,101	246,30	1,422	290,72	0,21227	246,00
1,53	2214,40	248,40	57,602	14,077	244,38	1,425	290,77	0,21190	244,12
1,56	2215,50	249,70	57,932	14,055	242,61	1,427	290,82	0,21146	244,12
1,59	2216,00	250,70	58,177	14,036	241,26	1,430	290,97	0,21113	244,12
1,62	2217,00	251,50	58,389	14,018	240,08	1,432	291,07	0,21077	244,12
1,65	2217,50	251,60	58,426	14,002	239,66	1,434	291,17	0,21048	244,12
1,68	2218,61	251,60	58,455	13,989	239,31	1,436	291,22	0,21018	244,12
1,71	2219,11	251,30	58,398	13,976	239,32	1,437	291,28	0,20993	244,12
1,74	2219,61	250,40	58,202	13,967	239,97	1,438	291,22	0,20975	244,12
1,77	2220,11	249,60	58,029	13,957	240,52	1,439	291,32	0,20955	244,12
1,8	2220,61	247,60	57,577	13,950	242,28	1,440	291,18	0,20940	244,12
1,83	2221,11	245,00	56,986	13,944	244,69	1,441	291,33	0,20926	244,12
1,86	2221,61	241,60	56,207	13,940	248,01	1,441	291,30	0,20916	244,12
1,89	2222,11	238,70	55,545	13,935	250,88	1,442	291,39	0,20904	244,12
1,92	2222,61	235,80	54,883	13,932	253,85	1,443	291,50	0,20894	244,12
1,95	2223,11	233,90	54,453	13,930	255,82	1,443	291,53	0,20887	244,12
1,98	2223,61	233,40	54,349	13,929	256,29	1,444	291,57	0,20880	244,12
2,01	2224,11	233,50	54,384	13,929	256,12	1,444	291,58	0,20876	244,12
2,04	2224,61	233,50	54,396	13,928	256,05	1,444	291,55	0,20870	244,12
2,07	2225,11	233,90	54,502	13,929	255,57	1,444	291,60	0,20866	244,12
2,1	2225,61	234,30	54,607	13,929	255,08	1,444	291,68	0,20862	244,12
2,13	2226,11	235,10	54,806	13,930	254,17	1,445	291,77	0,20859	244,12
2,16	2226,61	236,20	55,075	13,931	252,95	1,445	291,88	0,20855	244,12
2,19	2227,11	237,50	55,390	13,932	251,52	1,445	291,92	0,20852	244,12
2,22	2227,61	239,10	55,776	13,934	249,82	1,445	291,99	0,20850	244,12
2,25	2228,11	240,20	56,045	13,935	248,64	1,445	292,03	0,20847	244,12
2,28	2228,61	241,60	56,384	13,937	247,18	1,446	292,19	0,20846	244,12
2,31	2229,11	242,80	56,677	13,938	245,92	1,446	292,24	0,20842	244,12
2,34	2229,61	244,40	57,064	13,941	244,31	1,446	292,34	0,20842	244,12
2,37	2230,11	245,80	57,403	13,942	242,88	1,447	292,49	0,20839	244,12
2,4	2230,61	246,80	57,650	13,944	241,87	1,447	292,49	0,20837	244,12
2,43	2231,11	247,50	57,826	13,945	241,15	1,447	292,64	0,20834	244,12
2,46	2231,61	248,10	57,979	13,946	240,53	1,448	292,74	0,20831	244,12
2,49	2232,50	248,40	58,073	13,947	240,16	1,448	292,89	0,20824	244,12
2,52	2233,10	248,10	58,018	13,948	240,41	1,449	293,00	0,20820	244,12

Время, (t) с	Оборот ы, (n) мин ⁻¹	Момен т двигате ля, Нм	Мощнос ть, кВт	Расхо д топли ва, кг/час	Удельны й расход топлива, г/кВтчас	Коэф избытка воздуха	Расход воздуха , кг/час	Циклов ая подача, г/цикл	Момен т тормоз а, Нм
2,55	2234,00	247,50	57,901	13,949	240,91	1,449	293,10	0,20813	244,12
2,58	2234,60	246,90	57,776	13,950	241,45	1,451	293,40	0,20809	244,12
2,61	2235,30	245,30	57,420	13,951	242,96	1,452	293,76	0,20804	244,12
2,64	2235,80	243,40	56,988	13,952	244,82	1,452	293,81	0,20801	244,12
2,67	2236,00	241,60	56,571	13,952	246,63	1,453	293,91	0,20799	244,12
2,7	2237,00	240,00	56,222	13,953	248,18	1,453	294,06	0,20791	244,12
2,73	2236,80	238,70	55,912	13,954	249,57	1,454	294,26	0,20795	244,12
2,76	2236,40	237,70	55,668	13,954	250,66	1,455	294,41	0,20798	244,12
2,79	2235,50	237,40	55,576	13,954	251,08	1,456	294,67	0,20807	244,12
2,82	2235,60	238,20	55,765	13,955	250,24	1,456	294,62	0,20807	244,12
2,85	2234,30	237,80	55,639	13,955	250,81	1,455	294,41	0,20819	244,12
2,88	2234,00	238,30	55,749	13,955	250,32	1,453	293,96	0,20822	244,12
2,91	2233,40	239,40	55,991	13,955	249,24	1,450	293,50	0,20828	244,12
2,94	2232,80	240,70	56,280	13,955	247,96	1,448	293,00	0,20833	244,12
2,97	2232,01	242,10	56,587	13,955	246,61	1,447	292,79	0,20841	244,12
3	2231,61	244,10	57,045	13,955	244,63	1,445	292,44	0,20844	244,12
3,03	2230,70	245,40	57,325	13,955	243,44	1,444	292,09	0,20853	244,12
3,06	2230,30	247,00	57,688	13,955	241,90	1,442	291,88	0,20857	244,12
3,09	2228,80	247,60	57,790	13,955	241,48	1,441	291,68	0,20871	244,12
3,12	2228,20	247,60	57,774	13,955	241,54	1,441	291,53	0,20876	244,12
3,15	2227,00	247,30	57,673	13,955	241,97	1,439	291,12	0,20888	244,12
3,18	2226,00	247,00	57,577	13,955	242,37	1,438	290,92	0,20897	244,12
3,21	2225,40	246,70	57,492	13,955	242,73	1,438	290,92	0,20903	244,12
3,24	2225,30	246,50	57,443	13,955	242,94	1,439	291,22	0,20904	244,12
3,27	2226,10	245,60	57,253	13,955	243,74	1,441	291,58	0,20896	244,12
3,3	2227,30	244,80	57,098	13,955	244,41	1,443	291,93	0,20885	244,12
3,33	2228,20	244,74	57,107	13,955	244,37	1,444	292,24	0,20876	244,12
3,36	2229,40	244,68	57,124	13,955	244,30	1,446	292,54	0,20865	244,12
3,39	2229,50	244,62	57,112	13,955	244,34	1,446	292,59	0,20864	244,12
3,42	2229,80	244,56	57,106	13,955	244,37	1,447	292,71	0,20861	244,12
3,45	2230,41	244,50	57,107	13,955	244,36	1,446	292,64	0,20856	244,12
3,48	2230,61	244,44	57,098	13,955	244,40	1,446	292,63	0,20854	244,12
3,51	2230,81	244,38	57,090	13,955	244,44	1,446	292,64	0,20852	244,12
3,54	2231,01	244,32	57,081	13,955	244,48	1,447	292,70	0,20850	244,12
3,57	2231,21	244,26	57,072	13,955	244,52	1,447	292,71	0,20848	244,12
3,6	2231,41	244,20	57,063	13,955	244,55	1,446	292,62	0,20846	244,12
3,63	2231,61	244,14	57,054	13,955	244,59	1,446	292,54	0,20844	244,12
3,66	2231,81	244,08	57,045	13,954	244,61	1,445	292,44	0,20841	244,12
3,69	2231,76	244,02	57,030	13,954	244,68	1,445	292,30	0,20842	244,12
3,72	2231,71	243,96	57,014	13,954	244,74	1,444	292,26	0,20842	244,12
3,75	2231,66	243,90	56,999	13,954	244,81	1,445	292,29	0,20842	244,12
3,78	2231,61	243,84	56,984	13,954	244,88	1,445	292,36	0,20843	244,12
3,81	2231,56	243,78	56,969	13,954	244,94	1,445	292,46	0,20843	244,12
3,84	2231,51	243,72	56,953	13,954	245,01	1,446	292,51	0,20844	244,12
3,87	2231,46	243,66	56,938	13,954	245,07	1,446	292,53	0,20844	244,12
3,9	2231,41	243,60	56,923	13,954	245,14	1,446	292,54	0,20845	244,12
3,93	2231,36	243,54	56,907	13,954	245,21	1,445	292,47	0,20845	244,12

Время, (t) с	Оборот ы, (n) мин ⁻¹	Момен т двигате ля, Нм	Мощнос ть, кВт	Расхо д топли ва, кг/час	Удельны й расход топлива, г/кВтчас	Коэф избытка воздуха	Расход воздуха , кг/час	Циклов ая подача, г/цикл	Момен т тормоз а, Нм
3,96	2231,31	243,48	56,892	13,954	245,27	1,445	292,41	0,20846	244,12
3,99	2231,26	243,42	56,877	13,954	245,34	1,445	292,35	0,20846	244,12
4,02	2231,21	243,36	56,861	13,954	245,40	1,445	292,33	0,20847	244,12
4,05	2231,16	243,30	56,846	13,954	245,47	1,445	292,36	0,20847	244,12
4,08	2231,11	243,24	56,831	13,954	245,54	1,445	292,45	0,20848	244,12
4,11	2231,06	243,18	56,816	13,954	245,60	1,446	292,48	0,20848	244,12
4,14	2231,01	243,12	56,800	13,955	245,69	1,445	292,47	0,20850	244,12
4,17	2230,96	243,06	56,785	13,957	245,79	1,445	292,40	0,20854	244,12
4,2	2230,91	243,12	56,798	13,961	245,80	1,444	292,30	0,20860	244,12
4,23	2230,86	243,18	56,811	13,967	245,85	1,443	292,22	0,20869	244,12
4,26	2230,81	243,24	56,823	13,973	245,90	1,442	292,16	0,20879	244,12
4,29	2230,76	243,30	56,836	13,980	245,97	1,441	292,15	0,20890	244,12
4,32	2230,71	243,36	56,849	13,989	246,07	1,441	292,21	0,20904	244,12
4,35	2230,66	243,42	56,861	13,997	246,16	1,440	292,30	0,20916	244,12
4,38	2230,61	243,48	56,874	14,005	246,25	1,439	292,32	0,20929	244,12
4,41	2230,56	243,54	56,887	14,014	246,35	1,439	292,34	0,20942	244,12
4,44	2230,51	243,60	56,900	14,022	246,43	1,438	292,31	0,20955	244,12
4,47	2230,46	243,66	56,912	14,029	246,50	1,437	292,30	0,20966	244,12
4,5	2230,41	243,72	56,925	14,038	246,60	1,436	292,29	0,20980	244,12
4,53	2230,36	243,78	56,938	14,045	246,67	1,435	292,25	0,20991	244,12
4,56	2230,31	243,84	56,951	14,051	246,72	1,434	292,18	0,21000	244,12
4,59	2230,26	243,90	56,963	14,058	246,79	1,433	292,15	0,21011	244,12
4,62	2230,21	243,96	56,976	14,064	246,84	1,432	292,10	0,21020	244,12
4,65	2230,16	244,02	56,989	14,069	246,87	1,432	292,05	0,21028	244,12
4,68	2230,11	244,08	57,002	14,074	246,91	1,431	292,09	0,21036	244,12
4,71	2230,06	244,14	57,014	14,078	246,92	1,431	292,09	0,21043	244,12
4,74	2230,01	244,20	57,027	14,083	246,95	1,430	292,10	0,21051	244,12
4,77	2229,96	244,26	57,040	14,086	246,95	1,430	292,06	0,21056	244,12
4,8	2229,91	244,32	57,053	14,089	246,95	1,429	292,03	0,21061	244,12
4,83	2229,86	244,38	57,065	14,092	246,95	1,429	292,00	0,21066	244,12
4,86	2229,81	244,44	57,078	14,094	246,93	1,429	292,01	0,21069	244,12
4,89	2229,76	244,50	57,091	14,095	246,89	1,429	292,01	0,21071	244,12
4,92	2229,71	244,56	57,103	14,095	246,83	1,429	292,05	0,21071	244,12
4,95	2229,76	244,62	57,119	14,092	246,71	1,429	292,06	0,21067	244,12
4,98	2229,81	244,68	57,134	14,088	246,58	1,429	291,96	0,21060	244,12
5,01	2229,86	244,74	57,149	14,082	246,41	1,430	292,00	0,21051	244,12

Таблица 2 – $\alpha = 1,33$ наброс нагрузки.

Время, (t) с	Оборот ы, (n) мин ⁻¹	Момент двигате ля, Нм	Мощно сть, кВт	Расхо д топли ва, кг/час	Удельный расход топлива, г/кВтчас	Коэф избытк а воздух а	Расход воздуха, кг/час	Циклов ая подача, г/цикл	Момент тормоза , Нм
0	2395,00	0,01	0,002	3,650	4300,06	5,863	310,280	0,04732	0,00
0,03	2394,70	4,06	1,017	3,665	3603,77	5,880	310,200	0,04904	4,82
0,06	2394,70	8,10	2,032	3,680	1811,42	5,680	309,940	0,05076	9,64
0,09	2394,70	19,10	4,790	3,725	777,70	5,490	309,680	0,05248	14,46
0,12	2394,70	21,70	5,442	3,751	689,30	5,310	309,680	0,05421	19,28
0,15	2394,10	26,40	6,619	4,114	621,57	4,980	309,420	0,05778	24,10
0,18	2391,80	34,80	8,716	5,806	666,11	3,690	308,220	0,07784	28,92
0,21	2380,00	40,10	9,994	7,383	738,73	2,900	306,150	0,09909	33,74
0,24	2372,40	46,70	11,602	9,009	776,50	2,370	305,720	0,12102	38,56
0,27	2366,40	52,50	13,010	9,548	733,90	2,230	304,770	0,12839	43,38
0,3	2360,20	59,20	14,632	11,019	753,08	1,930	303,820	0,14813	48,20
0,33	2352,80	66,00	16,261	11,586	712,49	1,930	303,430	0,14816	53,02
0,36	2343,80	71,70	17,598	12,214	694,05	1,740	302,570	0,16471	57,84
0,39	2336,70	78,40	19,184	13,350	695,88	1,590	301,940	0,18020	62,66
0,42	2331,90	83,60	20,415	14,444	707,53	1,460	301,080	0,19515	67,48
0,45	2326,00	89,90	21,898	14,764	674,23	1,650	300,910	0,17357	72,30
0,48	2322,60	96,20	23,398	14,919	637,62	1,550	300,280	0,18440	77,12
0,51	2320,10	102,50	24,903	15,029	603,49	1,470	299,650	0,19395	81,94
0,54	2317,60	107,80	26,163	15,015	573,90	1,400	298,560	0,20308	86,76
0,57	2314,90	112,30	27,223	14,912	547,77	1,350	297,870	0,21087	91,58
0,6	2313,30	119,00	28,828	13,846	480,30	1,630	297,350	0,17426	96,40
0,63	2312,00	124,70	30,191	13,507	447,38	1,580	296,070	0,17954	101,22
0,66	2310,10	129,60	31,352	13,324	424,98	1,540	295,690	0,18422	106,04
0,69	2307,90	135,30	32,700	13,206	403,86	1,520	295,170	0,18678	110,86
0,72	2306,00	139,60	33,711	13,250	393,05	1,490	294,710	0,19030	115,68
0,75	2303,60	144,40	34,834	13,456	386,29	1,460	294,090	0,19334	120,50
0,78	2302,20	150,40	36,259	14,000	386,11	1,440	293,620	0,19591	125,32
0,81	2301,00	156,10	37,614	14,338	381,19	1,420	293,220	0,19806	130,14
0,84	2299,20	162,40	39,101	14,522	371,39	1,410	292,870	0,19984	134,96
0,87	2297,40	167,30	40,250	14,610	362,99	1,400	292,530	0,20128	139,78
0,9	2295,90	173,10	41,618	14,709	353,43	1,390	292,200	0,20185	144,60
0,93	2294,10	180,60	43,387	14,757	340,13	1,380	291,440	0,20271	149,42
0,96	2292,50	189,50	45,493	14,789	325,08	1,380	290,860	0,20336	154,24
0,99	2290,70	199,10	47,760	14,806	310,01	1,370	290,120	0,20379	159,06
1,02	2289,70	208,40	49,969	14,810	296,38	1,370	289,180	0,20400	163,88
1,05	2287,90	216,50	51,871	14,805	285,42	1,360	288,860	0,20400	168,70
1,08	2286,60	224,50	53,757	14,790	275,13	1,360	287,940	0,20400	173,52
1,11	2284,40	233,40	55,834	14,769	264,51	1,360	287,590	0,20400	178,34
1,14	2282,60	240,00	57,368	14,743	256,99	1,360	287,080	0,20401	183,16
1,17	2279,50	242,90	57,982	14,712	253,73	1,360	286,430	0,20400	187,98
1,2	2277,50	245,20	58,480	14,706	251,47	1,350	286,000	0,20456	192,80
1,23	2274,70	246,40	58,694	14,684	250,18	1,350	285,410	0,20456	197,62
1,26	2271,20	247,10	58,770	14,647	249,23	1,360	284,720	0,20456	202,44
1,29	2270,00	247,10	58,739	14,611	248,74	1,360	284,320	0,20456	207,26
1,32	2267,20	246,90	58,619	14,575	248,64	1,360	283,750	0,20457	212,08

Время, (t) с	Оборот ы, (n) мин ⁻¹	Момент двигате ля, Нм	Мощно сть, кВт	Расхо д топли ва, кг/час	Удельный расход топлива, г/кВтчас	Коэф избытк а воздух а	Расход воздуха, кг/час	Циклов ая подача, г/цикл	Момент тормоза , Нм
1,35	2265,00	245,40	58,206	14,540	249,80	1,360	283,230	0,20457	216,90
1,38	2262,60	242,10	57,363	14,505	252,86	1,360	283,000	0,20457	221,72
1,41	2258,84	236,00	55,825	14,473	259,26	1,360	282,710	0,20457	226,54
1,44	2254,03	233,50	55,116	14,442	262,03	1,360	282,310	0,20457	231,36
1,47	2249,54	232,20	54,700	14,412	263,48	1,360	281,970	0,20456	236,18
1,5	2244,69	232,00	54,535	14,386	263,80	1,360	281,350	0,20463	241,00
1,53	2238,69	232,30	54,459	14,361	263,70	1,360	281,000	0,20482	243,86
1,56	2232,69	233,10	54,500	14,339	263,10	1,350	280,230	0,20506	243,86
1,59	2226,69	234,20	54,610	14,320	262,22	1,350	279,960	0,20533	243,86
1,62	2222,69	235,00	54,698	14,301	261,45	1,350	279,240	0,20543	243,86
1,65	2218,69	236,70	54,995	14,285	259,75	1,350	278,410	0,20557	243,86
1,68	2214,69	237,70	55,128	14,271	258,87	1,350	277,720	0,20575	243,86
1,71	2211,20	239,40	55,435	14,259	257,22	1,350	276,810	0,20594	243,86
1,74	2211,50	241,30	55,882	14,249	254,98	1,350	276,000	0,20616	243,86
1,77	2210,90	242,20	56,075	14,239	253,93	1,340	274,840	0,20640	243,86
1,8	2211,70	243,05	56,294	14,232	252,82	1,340	273,820	0,20667	243,86
1,83	2212,30	243,81	56,484	14,226	251,86	1,340	273,590	0,20695	243,86
1,86	2213,40	244,56	56,685	14,220	250,86	1,340	273,440	0,20726	243,86
1,89	2215,50	245,33	56,919	14,217	249,78	1,340	273,630	0,20759	243,86
1,92	2217,60	245,99	57,126	14,214	248,82	1,330	273,820	0,20792	243,86
1,95	2218,90	246,18	57,203	14,212	248,45	1,330	274,080	0,20828	243,86
1,98	2220,50	246,29	57,271	14,211	248,14	1,330	274,480	0,20864	243,86
2,01	2222,00	246,19	57,285	14,210	248,06	1,330	274,840	0,20843	243,86
2,04	2223,30	245,74	57,214	14,210	248,36	1,330	275,110	0,20820	243,86
2,07	2224,50	245,37	57,159	14,210	248,60	1,330	275,370	0,20797	243,86
2,1	2226,30	245,11	57,145	14,211	248,68	1,330	275,640	0,20776	243,86
2,13	2227,60	244,76	57,097	14,212	248,91	1,340	275,940	0,20754	243,86
2,16	2229,10	244,42	57,056	14,213	249,11	1,340	276,170	0,20733	243,86
2,19	2230,60	244,21	57,044	14,214	249,17	1,340	276,400	0,20712	243,86
2,22	2232,50	243,77	56,991	14,215	249,43	1,340	276,590	0,20691	243,86
2,25	2234,20	243,04	56,862	14,217	250,03	1,340	276,780	0,20671	243,86
2,28	2235,70	242,23	56,711	14,218	250,71	1,340	276,970	0,20650	243,86
2,31	2237,10	241,24	56,515	14,220	251,61	1,340	277,270	0,20631	243,86
2,34	2238,30	240,06	56,268	14,221	252,74	1,340	277,350	0,20610	243,86
2,37	2239,10	239,30	56,111	14,223	253,48	1,340	277,570	0,20590	243,86
2,4	2239,50	238,78	55,998	14,225	254,03	1,340	277,500	0,20576	243,86
2,43	2239,60	238,19	55,864	14,227	254,67	1,340	277,270	0,20590	243,86
2,46	2239,60	237,91	55,798	14,228	254,99	1,340	276,510	0,20603	243,86
2,49	2239,20	237,79	55,758	14,229	255,19	1,340	276,060	0,20616	243,86
2,52	2238,20	237,98	55,779	14,230	255,12	1,340	275,750	0,20629	243,86
2,55	2236,10	238,42	55,829	14,231	254,91	1,330	275,560	0,20641	243,86
2,58	2233,10	239,02	55,894	14,232	254,62	1,330	275,370	0,20654	243,86
2,61	2228,90	239,80	55,973	14,233	254,28	1,330	275,260	0,20667	243,86
2,64	2225,70	240,94	56,157	14,234	253,47	1,330	275,073	0,20680	243,86
2,67	2222,80	242,46	56,438	14,234	252,20	1,330	274,950	0,20686	243,86
2,7	2220,40	243,68	56,659	14,235	251,24	1,330	274,840	0,20685	243,86
2,73	2217,90	244,49	56,785	14,236	250,70	1,330	274,730	0,20685	243,86

Время, (t) с	Оборот ы, (n) мин ⁻¹	Момент двигате ля, Нм	Мощно сть, кВт	Расхо д топли ва, кг/час	Удельный расход топлива, г/кВтчас	Коэф избытк а воздух а	Расход воздуха, кг/час	Циклов ая подача, г/цикл	Момент тормоза , Нм
2,76	2217,30	245,17	56,927	14,236	250,07	1,330	274,420	0,20683	243,86
2,79	2217,40	245,33	56,968	14,236	249,89	1,330	274,200	0,20681	243,86
2,82	2218,00	245,12	56,934	14,237	250,06	1,330	274,420	0,20681	243,86
2,85	2219,10	244,43	56,802	14,237	250,64	1,330	274,540	0,20679	243,86
2,88	2219,70	243,60	56,623	14,237	251,43	1,330	274,570	0,20677	243,86
2,91	2220,60	242,63	56,421	14,237	252,34	1,330	274,760	0,20675	243,86
2,94	2221,80	241,59	56,210	14,237	253,28	1,330	274,800	0,20673	243,86
2,97	2222,90	240,44	55,971	14,237	254,36	1,330	274,880	0,20671	243,86
3	2224,60	239,13	55,709	14,237	255,56	1,330	275,000	0,20670	243,86
3,03	2225,90	238,09	55,497	14,238	256,55	1,330	275,000	0,20669	243,86
3,06	2226,80	237,29	55,334	14,238	257,31	1,330	275,167	0,20667	243,86
3,09	2228,00	236,34	55,142	14,238	258,21	1,330	275,157	0,20665	243,86
3,12	2229,50	235,61	55,009	14,237	258,81	1,330	275,146	0,20662	243,86
3,15	2230,40	235,10	54,911	14,237	259,27	1,330	275,230	0,20660	243,86
3,18	2231,30	234,57	54,809	14,237	259,76	1,330	275,345	0,20658	243,86
3,21	2232,20	234,37	54,786	14,237	259,87	1,330	275,418	0,20656	243,86
3,24	2233,50	234,47	54,840	14,237	259,61	1,330	275,560	0,20655	243,86
3,27	2234,40	234,67	54,910	14,237	259,28	1,330	275,750	0,20653	243,86
3,3	2235,10	234,84	54,966	14,237	259,02	1,330	275,900	0,20651	243,86
3,33	2235,50	235,66	55,169	14,237	258,06	1,330	276,060	0,20649	243,86
3,36	2235,20	236,88	55,447	14,237	256,77	1,330	276,170	0,20647	243,86
3,39	2235,10	238,00	55,706	14,237	255,57	1,330	276,000	0,20645	243,86
3,42	2234,60	239,47	56,039	14,237	254,06	1,330	275,710	0,20643	243,86
3,45	2233,80	240,88	56,348	14,237	252,66	1,330	275,520	0,20641	243,86
3,48	2233,00	242,16	56,627	14,237	251,42	1,330	275,330	0,20640	243,86
3,51	2231,80	243,24	56,848	14,237	250,44	1,330	275,140	0,20638	243,86
3,54	2230,80	244,25	57,058	14,237	249,52	1,330	275,084	0,20636	243,86
3,57	2229,70	245,04	57,216	14,237	248,83	1,330	275,084	0,20634	243,86
3,6	2227,70	245,66	57,310	14,237	248,42	1,330	275,052	0,20632	243,86
3,63	2226,20	246,04	57,359	14,237	248,21	1,330	275,021	0,20631	243,86
3,66	2224,70	246,03	57,318	14,237	248,38	1,330	275,021	0,20631	243,86
3,69	2223,80	245,73	57,225	14,236	248,77	1,330	275,073	0,20630	243,86
3,72	2224,10	245,37	57,149	14,236	249,10	1,330	275,188	0,20630	243,86
3,75	2224,40	244,75	57,012	14,236	249,70	1,330	275,355	0,20630	243,86
3,78	2224,70	244,05	56,857	14,236	250,38	1,330	275,449	0,20630	243,86
3,81	2224,70	243,06	56,627	14,236	251,40	1,340	275,480	0,20630	243,86
3,84	2225,00	241,55	56,282	14,236	252,94	1,330	275,407	0,20630	243,86
3,87	2225,50	240,14	55,966	14,236	254,37	1,330	275,324	0,20630	243,86
3,9	2226,00	238,95	55,701	14,236	255,58	1,330	275,261	0,20630	243,86
3,93	2226,30	237,79	55,437	14,236	256,80	1,330	275,219	0,20630	243,86
3,96	2226,90	236,85	55,232	14,236	257,75	1,330	275,240	0,20630	243,86
3,99	2227,50	236,47	55,159	14,236	258,09	1,330	275,355	0,20630	243,86
4,02	2228,00	236,42	55,160	14,236	258,09	1,340	275,522	0,20630	243,86
4,05	2228,50	236,43	55,175	14,236	258,02	1,340	275,668	0,20630	243,86
4,08	2229,10	236,82	55,280	14,236	257,52	1,340	275,752	0,20630	243,86
4,11	2229,70	237,39	55,429	14,236	256,83	1,340	275,783	0,20630	243,86
4,14	2230,20	237,83	55,543	14,236	256,31	1,340	275,720	0,20630	243,86

Время, (t) с	Оборот ы, (n) мин ⁻¹	Момент двигате ля, Нм	Мощно сть, кВт	Расхо д топли ва, кг/час	Удельный расход топлива, г/кВтчас	Коэф избытк а воздух а	Расход воздуха, кг/час	Циклов ая подача, г/цикл	Момент тормоза , Нм
4,17	2230,30	238,80	55,772	14,236	255,25	1,340	275,637	0,20630	243,86
4,2	2230,60	239,99	56,058	14,236	253,95	1,340	275,626	0,20630	243,86
4,23	2230,20	240,98	56,280	14,236	252,95	1,340	275,616	0,20630	243,86
4,26	2229,90	242,09	56,532	14,236	251,82	1,340	275,658	0,20630	243,86
4,29	2229,30	243,21	56,778	14,236	250,73	1,340	275,731	0,20630	243,86
4,32	2228,20	244,17	56,974	14,236	249,87	1,340	275,762	0,20630	243,86
4,35	2226,90	244,80	57,088	14,236	249,37	1,340	275,689	0,20630	243,86
4,38	2226,20	245,43	57,217	14,236	248,81	1,340	275,532	0,20630	243,86
4,41	2226,30	245,92	57,332	14,236	248,31	1,330	275,345	0,20630	243,86
4,44	2226,70	246,01	57,365	14,236	248,16	1,330	275,125	0,20630	243,86
4,47	2226,40	245,83	57,315	14,236	248,38	1,330	274,896	0,20630	243,86
4,5	2226,60	244,99	57,123	14,236	249,22	1,330	274,687	0,20630	243,86
4,53	2226,55	244,13	56,923	14,236	250,09	1,330	274,530	0,20630	243,86
4,56	2226,50	243,40	56,752	14,236	250,85	1,330	274,426	0,20630	243,86
4,59	2226,45	242,55	56,551	14,236	251,74	1,330	274,436	0,20630	243,86
4,62	2226,40	241,76	56,367	14,236	252,56	1,330	274,415	0,20630	243,86
4,65	2226,35	241,21	56,237	14,236	253,14	1,330	274,384	0,20630	243,86
4,68	2226,30	241,60	56,326	14,236	252,74	1,330	274,290	0,20630	243,86
4,71	2226,25	242,00	56,418	14,236	252,33	1,330	274,154	0,20630	243,86
4,74	2226,20	242,20	56,463	14,236	252,13	1,330	274,050	0,20630	243,86
4,77	2226,15	242,20	56,462	14,236	252,13	1,330	274,029	0,20630	243,86
4,8	2226,10	242,20	56,461	14,236	252,14	1,330	274,092	0,20630	243,86
4,83	2226,05	242,40	56,506	14,236	251,94	1,330	274,207	0,20630	243,86
4,86	2226,00	242,70	56,575	14,236	251,63	1,330	274,290	0,20630	243,86
4,89	2225,95	242,20	56,457	14,236	252,16	1,330	274,269	0,20630	243,86
4,92	2225,90	242,20	56,456	14,236	252,16	1,330	274,238	0,20630	243,86
4,95	2225,85	243,10	56,664	14,236	251,23	1,330	274,207	0,20630	243,86
4,98	2225,80	242,70	56,570	14,236	251,65	1,330	274,186	0,20630	243,86
5,01	2225,75	242,90	56,615	14,236	251,45	1,330	274,207	0,20630	243,86

Таблица 3 – $\alpha = 1,23$ наброс нагрузки.

Время, (t) с	Оборот ы, (n) мин ⁻¹	Момент двигате ля, Нм	Мощно сть, кВт	Расхо д топли ва, кг/час	Удельный расход топлива, г/кВтчас	Коэф избытк а воздух а	Расход воздуха, кг/час	Циклов ая подача, г/цикл	Момент тормоза , Нм
0	2393,70	0,01	0,003	3,624	4252,00	5,634	296,07	0,05047	0,00
0,03	2393,50	3,82	0,957	3,638	3799,595	5,609	295,90	0,05066	4,70
0,06	2393,40	10,57	2,649	3,652	1378,516	5,588	295,90	0,05086	9,40
0,09	2393,40	21,65	5,426	3,676	677,444	5,547	295,64	0,05120	14,10
0,12	2393,40	35,55	8,910	3,702	415,483	5,500	295,21	0,05156	18,80
0,15	2393,10	51,22	12,836	4,034	314,273	5,040	294,78	0,05619	23,50
0,18	2392,50	67,61	16,939	5,105	301,373	3,956	292,80	0,07113	28,20
0,21	2365,90	84,41	20,913	6,494	310,523	3,072	289,27	0,09149	32,90
0,24	2354,80	100,50	24,783	7,924	319,739	2,506	287,89	0,11217	37,60
0,27	2347,80	116,05	28,532	8,404	294,545	2,356	287,12	0,11932	42,30
0,3	2343,50	130,31	31,979	9,688	302,944	2,038	286,26	0,13780	47,00
0,33	2339,50	143,64	35,191	10,888	309,401	1,807	285,32	0,15513	51,70
0,36	2334,90	155,95	38,131	11,382	298,494	1,725	284,72	0,16249	56,40
0,39	2329,20	166,88	40,704	11,887	292,033	1,649	284,31	0,17012	61,10
0,42	2323,60	176,68	42,991	12,706	295,550	1,540	283,77	0,18227	65,80
0,45	2320,00	185,30	45,019	13,787	306,251	1,416	283,13	0,19809	70,50
0,48	2316,50	193,10	46,843	14,264	304,508	1,367	282,72	0,20525	75,20
0,51	2314,50	200,07	48,492	14,771	304,609	1,318	282,26	0,21273	79,90
0,54	2312,50	206,59	50,029	15,051	300,847	1,291	281,67	0,21695	84,60
0,57	2309,70	212,65	51,434	15,257	296,633	1,270	280,94	0,22019	89,30
0,6	2307,80	218,23	52,740	15,228	288,736	1,270	280,35	0,21995	94,00
0,63	2305,80	223,32	53,923	14,830	275,019	1,301	279,67	0,21439	98,70
0,66	2304,50	227,94	55,008	14,301	259,980	1,344	278,62	0,20686	103,40
0,69	2302,90	232,04	55,959	13,822	247,004	1,383	277,11	0,20007	108,10
0,72	2301,00	236,70	57,035	13,449	235,801	1,414	275,68	0,19483	112,80
0,75	2299,50	239,80	57,745	13,176	228,177	1,439	274,95	0,19100	117,50
0,78	2297,80	243,50	58,592	12,985	221,617	1,457	274,39	0,18837	122,20
0,81	2296,30	245,50	59,035	12,890	218,345	1,464	273,59	0,18711	126,90
0,84	2294,70	246,70	59,282	12,882	217,300	1,461	272,94	0,18713	131,60
0,87	2293,80	247,80	59,523	12,841	215,731	1,460	271,92	0,18660	136,30
0,9	2293,00	248,60	59,694	12,870	215,598	1,455	271,46	0,18709	141,00
0,93	2291,90	248,40	59,618	12,909	216,529	1,448	271,12	0,18775	145,70
0,96	2291,40	247,60	59,413	12,935	217,714	1,444	270,89	0,18817	150,40
0,99	2290,00	246,30	59,065	12,956	219,352	1,439	270,36	0,18859	155,10
1,02	2288,90	244,70	58,653	12,967	221,080	1,437	270,21	0,18884	159,80
1,05	2287,70	243,30	58,287	12,967	222,469	1,435	269,83	0,18894	164,50
1,08	2286,30	240,90	57,676	12,956	224,632	1,433	269,15	0,18889	169,20
1,11	2285,00	238,90	57,165	12,946	226,467	1,432	268,77	0,18885	173,90
1,14	2283,20	237,40	56,761	12,967	228,447	1,429	268,62	0,18931	178,60
1,17	2281,30	234,85	56,105	12,935	230,550	1,430	268,27	0,18900	183,30
1,2	2279,20	232,50	55,492	12,978	233,870	1,425	268,24	0,18980	188,00
1,23	2277,90	230,50	54,984	12,958	235,670	1,426	267,97	0,18962	192,70
1,26	2275,93	229,00	54,579	13,000	238,188	1,419	267,44	0,19040	197,40
1,29	2274,80	227,56	54,209	13,047	240,682	1,413	267,25	0,19118	202,10
1,32	2272,10	226,66	53,930	13,056	242,091	1,409	266,76	0,19154	206,80

Время, (t) с	Оборот ы, (n) мин ⁻¹	Момент двигате ля, Нм	Мощно сть, кВт	Расхо д топли ва, кг/час	Удельный расход топлива, г/кВтчас	Коэф избытк а воздух а	Расход воздуха, кг/час	Циклов ая подача, г/цикл	Момент тормоза , Нм
1,35	2271,10	225,78	53,697	13,140	244,706	1,398	266,41	0,19286	211,50
1,38	2268,60	225,46	53,562	13,223	246,873	1,387	266,03	0,19429	216,20
1,41	2266,30	225,63	53,548	13,307	248,506	1,378	265,81	0,19572	220,90
1,44	2263,20	226,25	53,622	13,390	249,713	1,368	265,58	0,19721	225,60
1,47	2259,60	227,29	53,782	13,474	250,528	1,358	265,28	0,19877	230,30
1,5	2256,60	228,35	53,962	13,557	251,235	1,348	265,05	0,20026	235,00
1,53	2252,60	229,49	54,135	13,641	251,982	1,339	264,78	0,20186	239,70
1,56	2248,00	230,62	54,290	13,724	252,789	1,329	264,55	0,20350	243,46
1,59	2244,40	231,87	54,497	13,808	253,371	1,320	264,29	0,20507	243,46
1,62	2240,00	232,94	54,641	13,892	254,240	1,311	264,02	0,20673	243,46
1,65	2236,90	234,06	54,828	13,975	254,888	1,302	263,76	0,20825	243,46
1,68	2232,40	234,99	54,935	14,059	255,920	1,293	263,57	0,20992	243,46
1,71	2229,10	236,10	55,113	14,142	256,600	1,284	263,38	0,21148	243,46
1,74	2225,90	237,30	55,314	14,226	257,188	1,276	263,23	0,21304	243,46
1,77	2223,60	238,60	55,559	14,309	257,545	1,268	263,00	0,21450	243,46
1,8	2220,90	239,40	55,678	14,393	258,505	1,258	262,47	0,21602	243,46
1,83	2218,70	240,60	55,901	14,451	258,509	1,249	261,70	0,21711	243,46
1,86	2216,90	241,60	56,088	14,472	258,022	1,245	261,36	0,21760	243,46
1,89	2214,90	242,90	56,339	14,493	257,246	1,240	260,67	0,21811	243,46
1,92	2213,10	243,70	56,479	14,514	256,982	1,236	260,11	0,21861	243,46
1,95	2212,20	244,50	56,641	14,535	256,616	1,231	259,51	0,21901	243,46
1,98	2212,20	245,10	56,780	14,556	256,357	1,228	259,12	0,21933	243,46
2,01	2212,90	245,50	56,891	14,576	256,210	1,225	258,95	0,21956	243,46
2,04	2213,30	245,70	56,947	14,597	256,324	1,224	259,03	0,21984	243,46
2,07	2214,00	245,50	56,919	14,618	256,821	1,223	259,29	0,22008	243,46
2,1	2214,00	245,10	56,826	14,639	257,609	1,223	259,64	0,22040	243,46
2,13	2214,90	244,00	56,594	14,660	259,037	1,222	259,81	0,22063	243,46
2,16	2215,50	242,90	56,354	14,681	260,512	1,222	260,19	0,22088	243,46
2,19	2216,70	242,00	56,176	14,702	261,713	1,221	260,37	0,22108	243,46
2,22	2217,80	240,12	55,767	14,723	264,008	1,221	260,67	0,22129	243,46
2,25	2219,20	239,20	55,589	14,731	265,000	1,222	261,00	0,22127	243,46
2,28	2220,50	237,60	55,249	14,725	266,520	1,224	261,27	0,22105	243,46
2,31	2221,80	236,70	55,072	14,718	267,250	1,225	261,53	0,22081	243,46
2,34	2223,60	236,10	54,977	14,712	267,603	1,227	261,70	0,22054	243,46
2,37	2225,10	236,10	55,014	14,706	267,313	1,229	262,04	0,22030	243,46
2,4	2226,90	236,70	55,199	14,700	266,311	1,230	262,14	0,22004	243,46
2,43	2228,50	237,80	55,495	14,693	264,763	1,231	262,35	0,21977	243,46
2,46	2229,50	238,20	55,613	14,687	264,092	1,232	262,43	0,21959	243,46
2,49	2230,20	238,80	55,771	14,681	263,238	1,233	262,56	0,21943	243,46
2,52	2231,20	240,40	56,170	14,675	261,262	1,234	262,65	0,21924	243,46
2,55	2232,10	241,80	56,520	14,668	259,521	1,236	262,82	0,21905	243,46
2,58	2232,90	242,90	56,797	14,662	258,147	1,237	262,90	0,21888	243,46
2,61	2233,90	243,90	57,056	14,656	256,869	1,239	263,21	0,21869	243,46
2,64	2234,70	243,90	57,077	14,649	256,654	1,241	263,51	0,21851	243,46
2,67	2235,30	244,00	57,116	14,643	256,375	1,242	263,72	0,21836	243,46
2,7	2235,60	243,90	57,100	14,637	256,341	1,244	264,11	0,21824	243,46
2,73	2236,40	243,90	57,120	14,631	256,144	1,247	264,50	0,21807	243,46

Время, (t) с	Оборот ы, (n) мин ⁻¹	Момент двигате ля, Нм	Мощно сть, кВт	Расхо д топли ва, кг/час	Удельный расход топлива, г/кВтчас	Коэф избытк а воздух а	Расход воздуха, кг/час	Циклов ая подача, г/цикл	Момент тормоза , Нм
2,76	2236,50	243,70	57,076	14,624	256,220	1,248	264,67	0,21796	243,46
2,79	2236,60	243,10	56,938	14,618	256,736	1,249	264,75	0,21786	243,46
2,82	2237,00	242,40	56,784	14,612	257,325	1,249	264,67	0,21773	243,46
2,85	2237,10	242,20	56,740	14,606	257,421	1,248	264,37	0,21763	243,46
2,88	2237,40	241,00	56,466	14,599	258,544	1,248	264,11	0,21750	243,46
2,91	2237,00	240,60	56,362	14,593	258,913	1,247	263,89	0,21745	243,46
2,94	2236,60	239,60	56,118	14,587	259,933	1,247	263,68	0,21740	243,46
2,97	2235,70	239,00	55,955	14,581	260,584	1,246	263,38	0,21740	243,46
3	2234,80	239,00	55,933	14,574	260,564	1,245	263,08	0,21738	243,46
3,03	2233,80	238,40	55,767	14,568	261,229	1,245	262,95	0,21739	243,46
3,06	2232,90	238,40	55,745	14,562	261,226	1,245	262,78	0,21739	243,46
3,09	2232,00	238,40	55,722	14,556	261,224	1,244	262,60	0,21738	243,46
3,12	2230,80	238,40	55,692	14,549	261,239	1,245	262,65	0,21740	243,46
3,15	2228,70	238,40	55,640	14,543	261,377	1,244	262,39	0,21751	243,46
3,18	2226,70	238,60	55,637	14,537	261,285	1,245	262,43	0,21762	243,46
3,21	2223,80	238,80	55,611	14,530	261,280	1,245	262,32	0,21780	243,46
3,24	2221,20	239,20	55,639	14,524	261,041	1,246	262,32	0,21796	243,46
3,27	2219,00	240,00	55,770	14,518	260,321	1,246	262,32	0,21809	243,46
3,3	2216,80	240,80	55,900	14,514	259,642	1,246	262,17	0,21824	243,46
3,33	2215,50	241,40	56,006	14,516	259,185	1,246	262,17	0,21840	243,46
3,36	2215,00	241,80	56,087	14,518	258,850	1,245	262,04	0,21848	243,46
3,39	2214,50	242,40	56,213	14,520	258,303	1,243	261,79	0,21856	243,46
3,42	2213,70	242,70	56,262	14,522	258,113	1,242	261,57	0,21867	243,46
3,45	2213,00	243,10	56,337	14,524	257,805	1,242	261,49	0,21877	243,46
3,48	2212,60	242,70	56,234	14,526	258,312	1,240	261,18	0,21884	243,46
3,51	2212,60	242,90	56,281	14,528	258,135	1,239	261,00	0,21887	243,46
3,54	2213,20	243,10	56,342	14,530	257,888	1,240	261,18	0,21884	243,46
3,57	2213,80	242,90	56,311	14,533	258,084	1,240	261,31	0,21882	243,46
3,6	2214,60	242,20	56,169	14,535	258,772	1,241	261,57	0,21878	243,46
3,63	2215,00	241,80	56,087	14,537	259,189	1,242	261,74	0,21877	243,46
3,66	2215,60	241,60	56,055	14,539	259,369	1,243	261,96	0,21874	243,46
3,69	2216,30	241,40	56,027	14,541	259,537	1,243	262,09	0,21870	243,46
3,72	2216,90	240,76	55,893	14,543	260,193	1,243	262,22	0,21867	243,46
3,75	2217,60	240,72	55,902	14,545	260,189	1,244	262,32	0,21863	243,46
3,78	2218,10	240,68	55,905	14,547	260,210	1,244	262,32	0,21861	243,46
3,81	2218,80	240,00	55,765	14,549	260,901	1,243	262,32	0,21857	243,46
3,84	2219,60	239,80	55,738	14,551	261,060	1,243	262,32	0,21852	243,46
3,87	2220,30	239,80	55,756	14,553	261,014	1,243	262,39	0,21848	243,46
3,9	2221,60	239,80	55,788	14,556	260,915	1,243	262,43	0,21840	243,46
3,93	2222,20	239,20	55,664	14,558	261,534	1,243	262,43	0,21837	243,46
3,96	2223,20	239,60	55,782	14,560	261,016	1,243	262,43	0,21830	243,46
3,99	2224,10	240,40	55,991	14,562	260,078	1,243	262,39	0,21825	243,46
4,02	2225,00	240,36	56,004	14,564	260,052	1,242	262,32	0,21819	243,46
4,05	2225,00	240,32	55,995	14,566	260,131	1,242	262,32	0,21822	243,46
4,08	2225,00	240,28	55,986	14,568	260,210	1,242	262,32	0,21825	243,46
4,11	2224,30	240,24	55,959	14,570	260,371	1,242	262,32	0,21835	243,46
4,14	2224,30	240,20	55,949	14,572	260,450	1,241	262,32	0,21838	243,46

Время, (t) с	Оборот ы, (n) мин ⁻¹	Момент двигате ля, Нм	Мощно сть, кВт	Расхо д топли ва, кг/час	Удельный расход топлива, г/кВтчас	Коэф избытк а воздух а	Расход воздуха, кг/час	Циклов ая подача, г/цикл	Момент тормоза , Нм
4,17	2223,60	240,16	55,922	14,574	260,611	1,241	262,32	0,21847	243,46
4,2	2223,00	240,12	55,898	14,576	260,761	1,241	262,32	0,21856	243,46
4,23	2222,10	240,08	55,866	14,578	260,945	1,241	262,32	0,21868	243,46
4,26	2221,30	240,04	55,837	14,581	261,137	1,241	262,32	0,21881	243,46
4,29	2220,10	240,00	55,797	14,583	261,357	1,241	262,32	0,21895	243,46
4,32	2218,80	239,96	55,755	14,585	261,590	1,240	262,32	0,21911	243,46
4,35	2218,30	239,92	55,733	14,587	261,728	1,240	262,32	0,21919	243,46
4,38	2218,00	239,88	55,717	14,589	261,843	1,240	262,32	0,21925	243,46
4,41	2218,10	239,84	55,710	14,591	261,911	1,240	262,32	0,21927	243,46
4,44	2218,20	239,80	55,703	14,593	261,979	1,240	262,32	0,21929	243,46
4,47	2218,30	239,76	55,696	14,595	262,047	1,240	262,32	0,21931	243,46
4,5	2219,10	240,20	55,819	14,597	261,508	1,239	262,32	0,21926	243,46
4,53	2220,00	240,20	55,841	14,599	261,438	1,239	262,32	0,21920	243,46
4,56	2220,90	240,40	55,910	14,601	261,150	1,239	262,32	0,21915	243,46
4,59	2221,00	240,20	55,866	14,604	261,410	1,239	262,32	0,21918	243,46
4,62	2221,00	239,56	55,717	14,606	262,144	1,238	262,12	0,21921	243,46
4,65	2221,20	239,52	55,713	14,608	262,200	1,237	262,03	0,21922	243,46
4,68	2221,00	239,48	55,699	14,610	262,303	1,237	262,00	0,21927	243,46
4,71	2220,00	239,44	55,664	14,612	262,501	1,237	262,03	0,21940	243,46
4,74	2219,98	239,48	55,673	14,614	262,496	1,236	261,89	0,21943	243,46
4,77	2219,96	239,52	55,682	14,616	262,490	1,235	261,80	0,21946	243,46
4,8	2219,94	239,56	55,691	14,618	262,485	1,235	261,80	0,21950	243,46
4,83	2219,92	239,60	55,700	14,620	262,479	1,234	261,62	0,21953	243,46
4,86	2219,90	239,64	55,708	14,622	262,473	1,234	261,57	0,21956	243,46
4,89	2219,88	239,68	55,717	14,624	262,468	1,233	261,44	0,21959	243,46
4,92	2219,86	239,72	55,726	14,626	262,462	1,233	261,48	0,21962	243,46
4,95	2219,84	239,76	55,735	14,629	262,475	1,232	261,30	0,21967	243,46
4,98	2219,82	239,80	55,744	14,631	262,469	1,231	261,21	0,21970	243,46
5,01	2219,80	239,84	55,752	14,633	262,464	1,231	261,12	0,21973	243,46

Приложение Е

Полевые испытания МТА (Трактор МТЗ – 82 и культиватор КПС – 4) для сравнения адекватности математической модели.

Таблица 1 – наброс нагрузки.

Время, (т) с	Обороты заднего колеса, (n) мин-1	Обороты копирую- щего колеса, (n) мин-1	Обороты двигател- я мин-1	Усилие на крюке, Н	Момент двигател- я, Нм	Мощност- ь двигател- я, кВт	Мощност- ь на буксован- ие, кВт	Мощност- ь на потери в трансмис- сии кВт	Мощност- ь на крюке, кВт	Мощност- ь на качение трактора, кВт	Расход топлива, кг/час	Удельный расход топлива, г/кВтчас	Цикловая подача, г/цикл	Коэф- фициент избытка воздуха	Расход воздуха, кг/час
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
0	48,33	110,59	2369	666	48,6	12,06	0,14	1,21	2,39	8,32	8,389	695,61	0,118	2,632	320,1
0,03	48,34	110,28	2369,1	706	49,1	12,18	0,15	1,22	2,53	8,29	8,369	687,11	0,1178	2,636	319,93
0,06	48,34	109,97	2369,4	746	49,6	12,31	0,17	1,23	2,66	8,26	8,272	671,97	0,1164	2,669	320,18
0,09	48,35	109,35	2369,6	782	50,1	12,43	0,19	1,24	2,78	8,22	8,253	663,96	0,1161	2,674	319,97
0,12	48,34	109,05	2369,3	817	50,6	12,55	0,21	1,26	2,89	8,19	8,243	656,81	0,116	2,677	319,96
0,15	48,32	108,74	2368,6	853	51,1	12,67	0,23	1,27	3,01	8,16	8,258	651,78	0,1162	2,672	320
0,18	48,33	108,12	2368,8	893	51,6	12,8	0,26	1,28	3,14	8,13	8,321	650,08	0,1171	2,652	319,92
0,21	48,34	107,81	2369,1	928	52,1	12,93	0,28	1,29	3,25	8,1	8,712	673,78	0,1226	2,533	319,92
0,24	48,33	107,51	2368,8	974	52,6	13,05	0,31	1,31	3,39	8,07	9,29	711,88	0,1307	2,369	319,17
0,27	48,3	106,58	2367,3	1009	53,1	13,16	0,33	1,32	3,49	8,01	10,252	779,03	0,1444	2,137	317,74
0,3	48,25	106,27	2365,1	1045	53,6	13,28	0,36	1,33	3,6	7,98	10,753	809,71	0,1516	2,028	316,21
0,33	48,22	105,97	2363,7	1168	55,5	13,74	0,41	1,37	4,01	7,95	11,144	811,06	0,1572	1,951	315,33
0,36	48,16	105,04	2360,6	1474	60,5	14,96	0,54	1,5	5,03	7,9	11,894	795,05	0,168	1,821	314,01
0,39	48,12	104,73	2358,4	1772	65,5	16,18	0,68	1,62	6,02	7,87	12,504	772,81	0,1767	1,724	312,58
0,42	48,06	104,12	2355,5	2084	70,6	17,41	0,82	1,74	7,04	7,81	13,849	795,46	0,196	1,552	311,6
0,45	47,94	103,5	2349,7	2376	75,6	18,6	0,97	1,86	7,99	7,78	14,733	792,1	0,209	1,453	310,45
0,48	47,81	102,58	2343,6	2689	80,6	19,78	1,13	1,98	8,96	7,71	14,921	754,35	0,2122	1,43	309,33
0,51	47,73	102,27	2339,2	3006	85,7	20,99	1,3	2,1	9,97	7,68	14,835	706,77	0,2114	1,434	308,52
0,54	47,62	101,65	2334	3298	90,7	22,17	1,47	2,22	10,87	7,63	14,608	658,91	0,2086	1,452	307,66
0,57	47,49	100,73	2327,6	3591	95,7	23,33	1,64	2,33	11,75	7,58	14,389	616,76	0,2061	1,471	306,87
0,6	47,36	100,11	2321,2	3908	100,8	24,5	1,83	2,45	12,71	7,52	14,233	580,94	0,2044	1,482	305,91
0,63	47,3	99,5	2318,4	4220	105,8	25,69	2,03	2,57	13,63	7,47	13,975	543,99	0,2009	1,507	305,29
0,66	47,13	98,88	2310	4519	110,9	26,83	2,23	2,68	14,49	7,42	13,826	515,32	0,1995	1,519	304,6
0,69	47,05	98,27	2305,9	4810	115,9	27,99	2,43	2,8	15,36	7,39	13,677	488,64	0,1977	1,532	303,9
0,72	46,95	97,65	2301,4	5122	120,9	29,14	2,65	2,91	16,25	7,34	13,482	462,66	0,1953	1,551	303,26
0,75	46,91	97,03	2299,1	5439	126	30,34	2,88	3,03	17,13	7,29	13,458	443,57	0,1951	1,55	302,52
0,78	46,79	96,42	2293,4	5741	131	31,46	3,11	3,15	17,96	7,24	13,591	432,01	0,1975	1,532	301,87
0,81	46,73	96,11	2290,3	6044	136	32,62	3,35	3,26	18,83	7,21	13,842	424,34	0,2015	1,501	301,25
0,84	46,67	95,49	2287,7	6336	141,1	33,8	3,6	3,38	19,65	7,18	14,084	416,69	0,2052	1,472	300,63
0,87	46,62	94,88	2285,24	6643	146,1	34,96	3,85	3,5	20,46	7,13	14,24	407,32	0,2077	1,453	300,06
0,9	46,6	94,57	2284	6940	151,1	36,14	4,11	3,61	21,29	7,1	14,373	397,7	0,2098	1,436	299,34
0,93	46,54	93,95	2281	7242	156,2	37,31	4,39	3,73	22,12	7,07	14,553	390,06	0,2127	1,415	298,57
0,96	46,48	93,34	2278,4	7545	161,2	38,46	4,66	3,85	22,88	7,02	14,647	380,84	0,2143	1,403	297,98
0,99	46,46	93,03	2277,1	7857	166,3	39,66	4,96	3,97	23,72	6,99	14,663	369,72	0,2146	1,398	297,31
1,02	46,4	92,41	2274,1	8160	171,3	40,79	5,24	4,08	24,46	6,94	14,678	359,84	0,2151	1,394	296,61
1,05	46,32	91,8	2270,2	8471	176,3	41,91	5,55	4,19	25,28	6,91	14,732	351,52	0,2163	1,384	295,73
1,08	46,21	91,18	2265	8774	181,4	43,03	5,85	4,3	26	6,86	14,639	340,2	0,2154	1,387	294,46
1,11	46,15	90,56	2261,9	9086	186,4	44,15	6,16	4,42	26,73	6,81	14,592	330,51	0,215	1,387	293,39

Время, (t) с	Обороты заднего колеса, (n) мин-1	Обороты копирую- щего колеса, (n) мин-1	Обороты двигател- я мин-1	Усилие на крюке, Н	Момент двигател- я, Нм	Мощност- ь двигател- я, кВт	Мощност- ь на буксован- ие, кВт	Мощност- ь на потери в трансмис- сии кВт	Мощност- ь на крюке, кВт	Мощност- ь на качение трактора, кВт	Расход топлива, кг/час	Удельны- й расход топлива, г/кВтчас	Цикловая подача, г/цикл	Кэф- ф избытка воздуха	Расход воздуха, кг/час
1,14	45,96	89,95	2252,68	9378	191,4	45,15	6,46	4,52	27,4	6,76	14,545	322,15	0,2152	1,388	292,77
1,17	45,91	89,64	2250,2	9671	196,5	46,3	6,79	4,63	28,13	6,73	14,514	313,48	0,215	1,388	292,1
1,2	45,84	89,02	2246,7	10003	201,5	47,41	7,13	4,74	28,88	6,68	14,413	304,01	0,2138	1,394	291,24
1,23	45,75	88,41	2242,4	10315	206,6	48,51	7,47	4,85	29,57	6,63	14,311	295,01	0,2127	1,402	290,93
1,26	45,63	87,79	2236,3	10617	211,6	49,55	7,8	4,96	30,21	6,58	14,256	287,71	0,2125	1,407	290,9
1,29	45,54	87,18	2232	10905	216,6	50,63	8,15	5,06	30,89	6,55	14,201	280,49	0,2121	1,413	291
1,32	45,43	86,56	2226,5	11202	221,7	51,69	8,49	5,17	31,5	6,51	14,123	273,22	0,2114	1,422	291,19
1,35	45,32	85,94	2221,1	11514	226,7	52,73	8,85	5,27	32,14	6,46	14,037	266,21	0,2107	1,431	291,26
1,38	45,21	85,33	2215,9	11963	234,2	54,35	9,33	5,44	33,14	6,41	13,982	257,26	0,2103	1,438	291,62
1,41	45,14	85,02	2212,3	12246	239	55,37	9,7	5,54	33,77	6,38	13,873	250,55	0,209	1,451	291,79
1,44	45,08	84,4	2209,5	12432	241,8	55,95	9,98	5,6	34,03	6,33	13,779	246,27	0,2079	1,461	291,98
1,47	45,07	83,79	2209,2	12614	244,8	56,63	10,29	5,66	34,37	6,3	13,74	242,63	0,2073	1,466	292,17
1,5	45,07	83,48	2209,2	12744	246,9	57,12	10,56	5,71	34,56	6,28	13,724	240,27	0,2071	1,468	292,17
1,53	45,07	83,48	2208,9	12828	248,4	57,46	10,59	5,75	34,82	6,28	13,74	239,12	0,2073	1,467	292,29
1,56	45,09	83,79	2209,9	12911	249,7	57,79	10,62	5,78	35,08	6,29	13,756	238,03	0,2075	1,466	292,5
1,59	45,12	83,79	2211,3	12965	250,7	58,05	10,63	5,81	35,27	6,29	13,81	237,9	0,2082	1,462	292,79
1,62	45,13	83,79	2212,2	13028	251,5	58,26	10,64	5,83	35,47	6,3	13,849	237,71	0,2087	1,458	292,81
1,65	45,18	84,1	2214,6	13010	251,6	58,35	10,62	5,84	35,56	6,33	13,928	238,7	0,2096	1,451	293
1,68	45,18	84,4	2214,3	13006	251,6	58,34	10,58	5,83	35,59	6,33	14,014	240,21	0,211	1,442	292,98
1,71	45,2	84,4	2215,2	12985	251,3	58,3	10,53	5,83	35,57	6,34	14,156	242,81	0,213	1,428	293,17
1,74	45,2	84,4	2215,2	12928	250,4	58,09	10,45	5,81	35,45	6,35	14,217	244,74	0,2139	1,423	293,29
1,77	45,22	84,4	2216,6	12897	249,6	57,94	10,38	5,79	35,4	6,35	14,28	246,46	0,2147	1,416	293,27
1,8	45,25	84,71	2217,7	12785	247,6	57,5	10,26	5,75	35,13	6,36	14,295	248,61	0,2149	1,416	293,44
1,83	45,27	85,02	2219,1	12598	245	56,93	10,1	5,69	34,75	6,38	14,287	250,96	0,2146	1,417	293,59
1,86	45,32	85,02	2221,1	12404	241,6	56,19	9,91	5,62	34,25	6,39	14,264	253,85	0,2141	1,419	293,56
1,89	45,36	85,02	2223,2	12250	238,7	55,57	9,75	5,56	33,86	6,4	14,186	255,28	0,2127	1,428	293,65
1,92	45,4	85,33	2225,3	12055	235,8	54,95	9,59	5,5	33,45	6,42	14,162	257,73	0,2121	1,431	293,76
1,95	45,43	85,64	2226,6	11939	233,9	54,54	9,46	5,45	33,16	6,43	14,11	258,71	0,2112	1,436	293,79
1,98	45,43	85,64	2226,8	11916	233,4	54,43	9,41	5,44	33,13	6,43	14,049	258,11	0,2103	1,442	293,83
2,01	45,45	85,64	2227,5	11928	233,5	54,47	9,39	5,45	33,2	6,44	13,989	256,82	0,2093	1,449	293,84
2,04	45,46	85,94	2228,4	11924	233,5	54,49	9,35	5,45	33,22	6,45	13,959	256,18	0,2088	1,453	294,03
2,07	45,48	85,94	2229,2	11953	233,9	54,6	9,34	5,46	33,34	6,45	13,891	254,41	0,2077	1,461	294,2
2,1	45,49	85,94	2229,6	11983	234,3	54,71	9,33	5,47	33,45	6,46	13,883	253,76	0,2076	1,462	294,37
2,13	45,54	86,25	2231,9	11996	235,1	54,95	9,33	5,5	33,62	6,49	13,861	252,25	0,207	1,465	294,46
2,16	45,55	86,56	2232,5	12077	236,2	55,22	9,36	5,52	33,88	6,49	13,928	252,23	0,208	1,459	294,56
2,19	45,58	86,56	2234	12149	237,5	55,56	9,38	5,56	34,12	6,5	13,959	251,24	0,2083	1,457	294,89
2,22	45,59	86,56	2234,7	12239	239,1	55,95	9,41	5,6	34,4	6,51	13,974	249,76	0,2084	1,456	294,97
2,25	45,6	86,56	2235	12310	240,2	56,22	9,43	5,62	34,64	6,51	14,026	249,48	0,2092	1,45	294,84
2,28	45,61	86,87	2235,5	12388	241,6	56,56	9,46	5,66	34,89	6,52	14,049	248,39	0,2095	1,448	295
2,31	45,63	86,87	2236,7	12465	242,8	56,87	9,48	5,69	35,15	6,53	14,118	248,25	0,2104	1,442	295,1
2,34	45,64	86,87	2236,9	12565	244,4	57,25	9,52	5,73	35,46	6,53	14,147	247,11	0,2108	1,438	295,06
2,37	45,6	87,18	2235,2	12643	245,8	57,53	9,54	5,75	35,72	6,54	14,122	245,47	0,2106	1,441	295,1
2,4	45,6	87,18	2235,2	12698	246,8	57,77	9,55	5,78	35,91	6,54	14,147	244,88	0,211	1,438	295
2,43	45,57	87,18	2233,5	12725	247,5	57,89	9,53	5,79	36,03	6,55	14,125	244	0,2108	1,44	294,98
2,46	45,55	87,18	2232,5	12756	248,1	58	9,52	5,8	36,15	6,56	14,056	242,34	0,2099	1,447	294,9
2,49	45,54	87,48	2232	12770	248,4	58,06	9,49	5,81	36,23	6,56	14,034	241,72	0,2096	1,449	294,81
2,52	45,53	87,48	2231,6	12738	248,1	57,98	9,43	5,8	36,17	6,57	14,019	241,79	0,2094	1,45	294,75

Время, (t) с	Обороты заднего колеса, (n) мин-1	Обороты копирю- щего колеса, (n) мин-1	Обороты двигател- я мин-1	Усилие на крюке, Н	Момент двигател- я, Нм	Мощност- ь двигател- я, кВт	Мощност- ь на буксован- ие, кВт	Мощност- ь на потери в трансмис- сии кВт	Мощност- ь на крюке, кВт	Мощност- ь на качение трактора, кВт	Расход топлива, кг/час	Удельны й расход топлива, г/кВтчас	Цикловая подача, г/цикл	Кэф избытка воздуха	Расход воздуха, кг/час
2,55	45,5	87,18	2230,3	12739	247,5	57,81	9,37	5,78	36,11	6,56	13,996	242,1	0,2092	1,451	294,44
2,58	45,5	87,48	2229,9	12690	246,9	57,65	9,3	5,77	36,01	6,57	13,974	242,39	0,2089	1,452	294,15
2,61	45,45	87,48	2227,9	12592	245,3	57,23	9,19	5,72	35,76	6,57	13,944	243,65	0,2086	1,453	293,75
2,64	45,42	87,48	2226,4	12466	243,4	56,75	9,13	5,68	35,37	6,57	13,891	244,78	0,208	1,457	293,51
2,67	45,4	87,18	2225,1	12356	241,6	56,3	9,09	5,63	35,02	6,56	13,898	246,86	0,2082	1,455	293,15
2,7	45,36	86,87	2223,4	12288	240	55,88	9,05	5,59	34,7	6,53	13,928	249,25	0,2088	1,451	292,96
2,73	45,33	86,87	2221,9	12208	238,7	55,54	9,02	5,55	34,44	6,53	13,883	249,96	0,2083	1,453	292,58
2,76	45,33	86,87	2221,9	12155	237,7	55,31	9,02	5,53	34,25	6,52	13,898	251,27	0,2085	1,451	292,43
2,79	45,3	86,87	2220,1	12123	237,4	55,19	9,03	5,52	34,13	6,51	13,928	252,36	0,2091	1,445	291,91
2,82	45,27	86,56	2218,7	12166	238,2	55,34	9,1	5,53	34,22	6,51	13,981	252,64	0,21	1,439	291,72
2,85	45,3	86,56	2220,3	12149	237,8	55,29	9,12	5,53	34,13	6,5	14,064	254,37	0,2111	1,428	291,21
2,88	45,31	86,56	2220,6	12184	238,3	55,41	9,18	5,54	34,2	6,5	14,135	255,1	0,2122	1,419	290,83
2,91	45,33	86,25	2221,7	12255	239,4	55,7	9,27	5,57	34,36	6,49	14,162	254,25	0,2125	1,417	290,88
2,94	45,34	86,25	2222,3	12337	240,7	56,02	9,36	5,6	34,56	6,48	14,135	252,32	0,212	1,42	290,95
2,97	45,34	86,25	2222,2	12426	242,1	56,34	9,47	5,63	34,77	6,48	14,132	250,83	0,212	1,42	291,05
3	45,35	86,25	2222,6	12549	244,1	56,81	9,6	5,68	35,08	6,47	14,094	248,09	0,2114	1,425	291,19
3,03	45,36	85,94	2223,4	12632	245,4	57,14	9,7	5,71	35,27	6,46	14,087	246,53	0,2112	1,427	291,43
3,06	45,38	85,94	2224,4	12732	247	57,54	9,81	5,75	35,52	6,46	14,056	244,28	0,2106	1,43	291,55
3,09	45,43	85,94	2226,7	12763	247,6	57,74	9,9	5,77	35,67	6,47	14,034	243,06	0,2101	1,433	291,57
3,12	45,46	85,94	2227,95	12759	247,6	57,77	9,93	5,78	35,62	6,46	14,041	243,05	0,2101	1,433	291,72
3,15	45,49	85,94	2229,5	12747	247,3	57,74	9,96	5,77	35,55	6,45	13,989	242,28	0,2092	1,439	291,83
3,18	45,5	85,94	2230,3	12736	247	57,69	9,98	5,77	35,48	6,45	13,989	242,49	0,2091	1,439	291,95
3,21	45,52	85,94	2231	12684	246,7	57,64	10,01	5,76	35,4	6,46	13,959	242,18	0,2086	1,443	292,12
3,24	45,54	85,94	2231,9	12678	246,5	57,61	10,04	5,76	35,35	6,45	13,921	241,64	0,2079	1,448	292,38
3,27	45,57	85,94	2233,5	12641	245,6	57,44	10,05	5,74	35,21	6,45	13,959	243,02	0,2083	1,445	292,41
3,3	45,59	85,64	2234,4	12600	244,8	57,28	10,05	5,73	35,06	6,44	13,906	242,77	0,2075	1,451	292,58
3,33	45,62	85,64	2235,9	12623	244,8	57,32	10,1	5,73	35,09	6,43	13,898	242,46	0,2072	1,452	292,62
3,36	45,62	85,64	2236	12615	244,7	57,3	10,13	5,73	35,03	6,43	13,898	242,55	0,2072	1,453	292,84
3,39	45,63	85,64	2236,4	12618	244,7	57,31	10,1	5,73	35,07	6,43	13,996	244,22	0,2086	1,443	292,8
3,42	45,61	85,64	2235,6	12590	244,6	57,26	10,04	5,73	35,03	6,44	14,064	245,62	0,2097	1,436	292,94
3,45	45,61	85,94	2235,7	12593	244,5	57,24	10,01	5,72	35,07	6,45	14,135	246,94	0,2107	1,43	293,03
3,48	45,59	85,94	2234,4	12585	244,5	57,21	9,97	5,72	35,09	6,45	14,154	247,4	0,2112	1,427	292,93
3,51	45,57	85,94	2233,7	12568	244,4	57,17	9,92	5,72	35,08	6,46	14,154	247,58	0,2112	1,428	293,1
3,54	45,51	85,94	2230,76	12580	244,4	57,09	9,86	5,71	35,05	6,45	14,135	247,59	0,2112	1,431	293,24
3,57	45,48	85,94	2229,1	12573	244,3	57,03	9,82	5,7	35,06	6,45	14,102	247,27	0,2109	1,435	293,37
3,6	45,46	85,94	2228	12555	244,2	56,98	9,77	5,7	35,05	6,46	14,087	247,23	0,2108	1,437	293,58
3,63	45,41	85,94	2225,9	12538	244,2	56,92	9,72	5,69	35,04	6,47	14,056	246,94	0,2105	1,442	293,87
3,66	45,4	86,25	2225	12530	244,1	56,88	9,68	5,69	35,05	6,47	14,026	246,59	0,2101	1,445	293,95
3,69	45,37	85,94	2223,9	12552	244	56,82	9,63	5,68	35,05	6,46	14,041	247,11	0,2105	1,445	294,12
3,72	45,39	86,25	2224,8	12555	244	56,85	9,6	5,69	35,1	6,47	14,041	246,98	0,2104	1,445	294,21
3,75	45,4	86,56	2225	12507	243,9	56,83	9,56	5,68	35,09	6,49	14,034	246,95	0,2102	1,446	294,32
3,78	45,41	86,56	2225,8	12510	243,9	56,85	9,52	5,69	35,14	6,5	14,034	246,86	0,2102	1,446	294,35
3,81	45,44	86,56	2227,4	12512	243,8	56,87	9,49	5,69	35,18	6,51	14,011	246,37	0,2097	1,449	294,41
3,84	45,43	86,56	2226,8	12505	243,8	56,85	9,45	5,69	35,2	6,51	13,989	246,07	0,2094	1,451	294,38
3,87	45,46	86,87	2228,4	12507	243,7	56,87	9,41	5,69	35,24	6,52	13,966	245,58	0,2089	1,454	294,44
3,9	45,48	86,87	2229,2	12510	243,6	56,87	9,38	5,69	35,28	6,53	13,989	245,98	0,2092	1,451	294,26
3,93	45,49	86,87	2229,5	12502	243,6	56,87	9,34	5,69	35,3	6,53	13,989	245,98	0,2092	1,451	294,26

Время, (т) с	Обороты заднего колеса, (n) мин-1	Обороты копирую- щего колеса, (n) мин-1	Обороты двигател- я мин-1	Усилие на крюке, Н	Момент двигател- я, Нм	Мощност- ь двигател- я, кВт	Мощност- ь на буксован- ие, кВт	Мощност- ь на потери в трансмис- сии кВт	Мощност- ь на крюке, кВт	Мощност- ь на качение трактора, кВт	Расход топлива, кг/час	Удельны- й расход топлива, г/кВтчас	Цикловая подача, г/цикл	Кэф избытка воздуха	Расход воздуха, кг/час
3,96	45,52	87,18	2231,06	12495	243,5	56,89	9,32	5,69	35,41	6,56	13,989	245,9	0,209	1,45	294,06
3,99	45,55	87,48	2232,8	12487	243,5	56,93	9,28	5,69	35,42	6,56	13,944	244,93	0,2082	1,454	294
4,02	45,56	87,48	2233,2	12480	243,4	56,92	9,24	5,69	35,44	6,57	13,898	244,17	0,2074	1,458	293,75
4,05	45,59	87,48	2234,7	12472	243,3	56,94	9,2	5,69	35,45	6,58	13,898	244,08	0,2073	1,458	293,77
4,08	45,6	87,79	2234,8	12475	243,3	56,94	9,16	5,69	35,5	6,58	13,913	244,34	0,2075	1,456	293,65
4,11	45,6	87,79	2234,8	12467	243,2	56,92	9,12	5,69	35,51	6,59	13,936	244,83	0,2079	1,452	293,39
4,14	45,59	87,79	2234,7	12470	243,2	56,91	9,09	5,69	35,55	6,6	13,974	245,55	0,2084	1,448	293,34
4,17	45,57	87,79	2233,5	12452	243,1	56,86	9,04	5,69	35,54	6,6	14,041	246,94	0,2096	1,441	293,34
4,2	45,54	88,1	2231,9	12452	243,2	56,84	9	5,68	35,57	6,61	14,049	247,17	0,2098	1,439	293,15
4,23	45,51	87,79	2230,61	12471	243,2	56,81	8,96	5,68	35,56	6,6	14,094	248,09	0,2106	1,434	292,98
4,26	45,46	87,79	2228,3	12461	243,3	56,77	8,91	5,68	35,57	6,61	14,153	249,3	0,2117	1,428	293,05
4,29	45,44	88,1	2227,4	12460	243,3	56,75	8,88	5,68	35,6	6,61	14,16	249,52	0,2119	1,426	292,86
4,32	45,43	88,1	2226,8	12460	243,4	56,76	8,84	5,68	35,64	6,62	14,169	249,63	0,2121	1,426	292,89
4,35	45,43	88,1	2226,8	12459	243,5	56,78	8,81	5,68	35,67	6,63	14,139	249,01	0,2116	1,43	293,2
4,38	45,41	88,41	2225,5	12449	243,5	56,75	8,76	5,68	35,68	6,63	14,124	248,88	0,2115	1,432	293,22
4,41	45,4	88,41	2225,2	12448	243,6	56,76	8,73	5,68	35,71	6,64	14,124	248,84	0,2116	1,432	293,34
4,44	45,42	88,41	2226,3	12453	243,6	56,79	8,7	5,68	35,76	6,65	14,117	248,58	0,2114	1,433	293,36
4,47	45,42	88,41	2226,2	12457	243,7	56,81	8,66	5,68	35,81	6,65	14,109	248,35	0,2113	1,433	293,17
4,5	45,44	88,72	2227,1	12467	243,8	56,86	8,63	5,69	35,87	6,66	14,079	247,61	0,2107	1,436	293,23
4,53	45,45	88,72	2227,6	12466	243,8	56,87	8,6	5,69	35,91	6,67	14,109	248,09	0,2111	1,432	293
4,56	45,5	88,72	2230,06	12496	243,9	56,96	8,63	5,7	35,98	6,66	14,087	247,31	0,2106	1,435	293,06
4,59	45,53	89,02	2231,8	12460	243,9	57	8,64	5,7	35,97	6,68	14,049	246,47	0,2098	1,438	292,91
4,62	45,56	89,02	2232,9	12465	244	57,05	8,65	5,71	35,98	6,68	14,087	246,92	0,2103	1,434	293
4,65	45,59	89,02	2234,7	12494	244	57,1	8,68	5,71	36,05	6,68	14,117	247,23	0,2106	1,432	293,03
4,68	45,6	88,72	2235,1	12494	244,1	57,13	8,69	5,71	36,04	6,68	14,147	247,63	0,211	1,428	292,97
4,71	45,61	88,72	2235,6	12504	244,2	57,17	8,7	5,72	36,06	6,67	14,147	247,45	0,2109	1,428	292,88
4,75	45,59	88,72	2234,5	12503	244,2	57,14	8,71	5,71	36,05	6,67	14,192	248,37	0,2117	1,424	293,06
4,77	45,59	88,72	2234,7	12503	244,3	57,17	8,72	5,72	36,04	6,67	14,222	248,77	0,2121	1,421	292,97
4,8	45,58	88,72	2234,3	12512	244,4	57,18	8,73	5,72	36,06	6,67	14,269	249,55	0,2129	1,417	293,09
4,83	45,56	88,72	2233,1	12502	244,4	57,15	8,74	5,72	36,02	6,67	14,272	249,73	0,213	1,416	292,97
4,86	45,55	88,72	2232,5	12501	244,5	57,16	8,74	5,72	36,01	6,67	14,23	248,95	0,2125	1,42	292,91
4,89	45,54	88,72	2232,3	12511	244,5	57,16	8,76	5,72	36,03	6,66	14,215	248,69	0,2123	1,421	292,94
4,92	45,52	88,72	2231,1	12510	244,6	57,15	8,77	5,72	36,02	6,66	14,207	248,59	0,2123	1,421	292,83
4,95	45,49	88,41	2229,51	12540	244,7	57,13	8,77	5,71	35,99	6,64	14,185	248,29	0,2121	1,424	292,91
4,98	45,46	88,41	2228,2	12539	244,7	57,1	8,78	5,71	35,98	6,64	14,132	247,5	0,2114	1,429	292,74
5,01	45,45	88,41	2227,9	12539	244,8	57,11	8,79	5,71	35,97	6,64	14,117	247,19	0,2112	1,431	293