

работ этой стадии входят земляные работы (рытье котлованов подвала и фундаментов и обратная засыпка грунта с уплотнением); бетонные и железобетонные работы (устройство фундаментов, бетонной подготовки и отмостки); монтаж строительных конструкций (колонн и панелей стен подвала); гидроизоляционные работы (гидроизоляция пола и стен подвала) и др.

Вторая стадия обычно включает *монтаж строительных конструкций* (железобетонных, стальных), панелей наружных и внутренних стен, оконных переплетов и зенитных фонарей; кровельные работы; столярные работы (навеску ворот и дверей); санитарно-технические работы (установку коробов вентиляционных систем) и др.

Список литературы

1. Гребенник Р.А. Рациональные методы возведения зданий и сооружений: учеб. пособие / Р.А. Гребенник. В.Р. Гребенник. – 3-изд., перераб. и доп. – М.: Студент, 2012 – 407 с. ISBN: 978-5-4363-0004-7.
2. Вильман Ю.А. Технология строительных процессов и возведения зданий и сооружений. Современные прогрессивные методы: учебное издание. – М.: Изд-во Ассоциации строительных вузов, 2010г. – 336с. ISBN: 5-93093-269-7.
3. Афанасьев А.А. Технология возведения полносборных зданий: учебное пособие для студ. вузов. – М.: Изд-во АСВ, 2009 – 360 с. ISBN: 5-7695-3221-1
4. Чичерин И.И. Общестроительные работы. [Электронный ресурс]. – <http://www.docload.ru> (25 июня 2014).
5. Дикман Л.Г. Организация строительного производства [Текст]: учебное издание. – М.: Изд-во Ассоциации строительных вузов, 2006. – 608 с. ISBN: 5-93093-153-4.
6. Кирнев А.Д. Организация в строительстве. Курсовое и дипломное проектирование: учебное пособие. – 2-е изд., перераб. и доп. – СПб.: Изд-во «Лань», 2012 – 528 с. ISBN: 978-5-8114-1358-4.
7. Электронный каталог библиотеки ФГБОУ ВПО ОрелГАУ. – <http://www.orelsau.ru>.
8. Научная электронная библиотека. – <http://www.eLIBRARY.ru>.

ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ КУРСОВОГО ПРОЕКТА ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ДВИГАТЕЛИ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ»

Щеткин Б.Н.

Пермский институт экономики и финансов,
Пермь, e-mail: smart051@rambler.ru

Современные двигатели характеризуются высокими показателями эффективности рабочего процесса: эффективный КПД двигателя

достигает 45...54%, среднее эффективное давление превышает 2 МПа. Такие высокие показатели стали возможны благодаря современной организации рабочего процесса. Возможности улучшения рабочего процесса не исчерпаны. В частности, в настоящее время уделяется большое внимание правильной организации рабочего процесса на частичных режимах работы двигателя, созданию высокоэкономичных и малотоксичных двигателей, в том числе, двигателей, работающих на альтернативных видах топлива, а также созданию двигателей с управляемым рабочим процессом и т.д.

Студенты, обучающиеся по направлению подготовки: 190600.62 – «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов», выполняют курсовой проект по тепловому и динамическому расчёту двигателя автомобиля.

Тепловой расчёт позволяет аналитически определить основные параметры вновь проектируемого двигателя, а также проверить степень совершенства действительного цикла реально работающего двигателя. На первом этапе выполнения теплового расчёта, следуя рекомендациям литературных источников, разрабатывается комплекс мероприятий, направленных на обеспечение заданного значения эффективной мощности двигателя при снижении удельного эффективного расхода топлива по сравнению с прототипом.

Полученные результаты теплового расчёта сравниваются с заданием. При несовпадении мощности предложенный комплекс мероприятий корректируется, и расчёт повторяется до получения удовлетворительных результатов.

Поскольку тепловой и динамический расчёт двигателя является трудоёмким процессом, его необходимо проводить на ЭВМ.

Использование ЭВМ даёт возможность выполнять большое количество вариантов теплового расчета, с тем, чтобы выбрать оптимальное сочетание параметров, обеспечивающих увеличение мощности при одновременном снижении расхода топлива. Для этого используется стандартная программа MS EXCEL для персональной ЭВМ, реализующая алгоритм теплового расчёта дизельного (бензинового) двигателя.

Структура файла исходных данных:

Исходные данные для теплового расчета ДВС

Номер варианта	Фамилия Имя Отчество, студента	Прототип двигателя (марка автомобиля)	Эффективная мощность, N_e , кВт	Частота вращения n , мин ⁻¹	Число цилиндров L	Степень сжатия ϵ	Отношение S/D	Коэффициент избытка воздуха ϵ	Давление окружающей среды P_o , МПа
1		2,5 (GAZ 3110)	105	5200	4	9	0,95	0,98	ОД
2		ЯМЗ 236 (МАЗ)	100	2300	6	16	0,95	1,58	ОД
3		1,9 TD (VW Passat)	55	4200	4	22	0,95	1,65	од
4		2,0 (Ford Mondeo)	100	6000	4	10	0,95	0,97	од

Методика теплового расчёта требует задать, в качестве исходных данных для теплового расчёта двигателя, химический состав и низшую теплотворную способность топлива, Q_n , кДж/кг; степень сжатия, ϵ ; коэффициент избытка воздуха, давление окружающей среды, P_o , МПа; температура окружающей среды, T_o ,

К; степень подогрева заряда на входе в цилиндр и др.

Для получения численных значений функции отклика используется имитационная модель работы двигателя. Студенту необходимо набрать рассматриваемую ниже форму самостоятельно в Microsoft Excel (рис. 1).

а

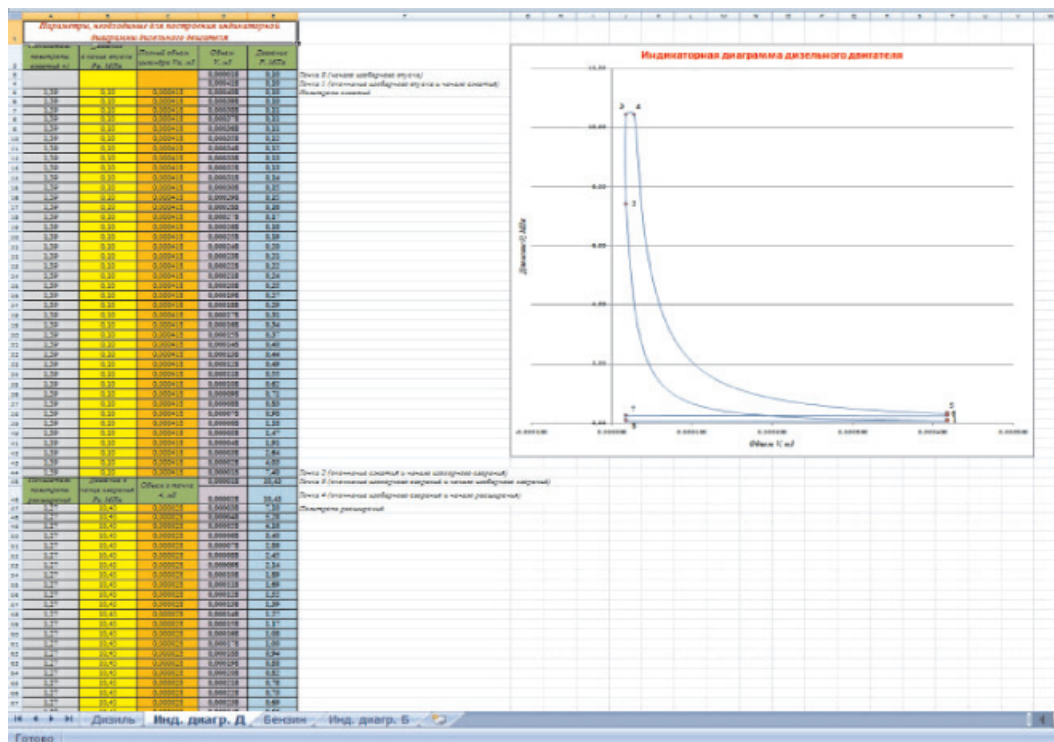
б

Рис. 1. Тепловой расчет дизельного (а) и бензинового (б) двигателя

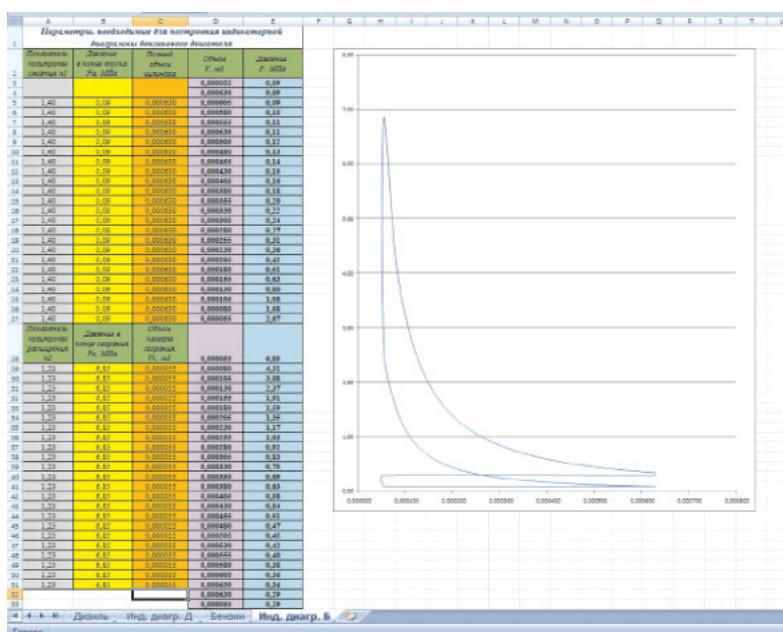
Расчёт рабочего цикла выполняется с целью определения индикаторных (рис. 2), эффективных показателей работы двигателя (рис. 3), определения основных размеров двигателя, построения характеристик и решения ряда вопросов динамики двигателя.

Индикаторную диаграмму поршневого двигателя строят по результатам теплового расчёта

для номинального режима его работы аналитическим методом. При этом используют расчётные значения давлений в характерных точках диаграммы: давления в начале сжатия P_a , в конце сжатия P_c , в конце сгорания P_z , в конце выпуска газов P_b , показатели политроп сжатия n_1 и расширения n_2 , степени сжатия ϵ , степени предварительного ρ и последующего δ расширений.



а



б

Рис. 2. Построение индикаторной диаграммы:
а – дизельный; б – бензиновый

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
198			Среднее индикаторное давление:								
199											
200			$p_i = \varphi_i \cdot p_i^i = 0,96 \cdot p_i^i$			1,25088					
201											
202			$h_i = p_i \cdot l_b \cdot a / (H_0 \cdot h_0) =$			0,3401					
203			$g_i = 3600 \cdot (H_0 \cdot h_0) =$			240,954					
204			Эффективные показатели двигателя.								
205			Среднее давление механических потерь для карбюраторного двигателя с								
206			числом цилиндров до шести и отношением $S/D < 1$								
207			$S =$			82,4					
208											
209			$u_{n,cr} = S n / 3 \cdot 10^6 =$			19,913					
210			$P_m = 0,039 + 0,0132 u_{n,cr} =$			0,3019					
211			Среднее эффективное давление и механический к.п.д.:								
212			$p_e = p_i - p_m =$			0,949					
213			$\eta_m = p_e / p_i =$			0,7587					
214			Эффективные КПД и удельный расход топлива								
215			$\eta_e = \eta_i \cdot \eta_m =$			0,258			$\tau =$	4	
216			$g_e =$			317,63					
217			Основные параметры цилиндра и двигателя.								
218			Литраж двигателя:								
219			$V_n =$			3,6627			$i =$	8	
220			Рабочий объём одного цилиндра:								
221			$V_h =$			0,4578					
222			Диаметр цилиндра при принятом $S =$			82,4					
223			$D =$			84,13					
224			Окончательно принимаем:								
225			$D =$			85		$S =$	82,4		
226			Основные показатели и параметры ДВС								
227			$V_n =$			3,7387 л					
228			$F_n =$			5671,625 мм ²		$=$	56,72 см ²		
229			$N_e =$			214,36 кВт					
230			$M_e =$			282,486 Нм					
231			$G_t =$			68,087 кг/ч					
232			Литровая мощность двигателя:								
233			$N_n =$			57,335 кВт/л					
234											
235			ПОСТРОЕНИЕ ИНДИКАТОРНОЙ ДИАГРАММЫ								
236											
3	К	А	Б	В	Г	Д	Е	Ж	З	И	К
	Тепловой расчёт Тепловой баланс Сравнит. показатели проекта Полные силы Кинемат.										
	Готово										

Рис. 3. Эффективные показатели двигателя

Максимальный крутящий момент, в зависимости от величины номинальной частоты вращения и текущей частоты вращения коленчатого вала двигателя, определяется внешней скоростной характеристикой, которая аппроксимируется формулой Лейдермана. За момент, принимаемый за 100 %-ную нагрузку, выбрано минимальное значение крутящего момента по внешней скоростной характеристикой для того, чтобы был соблюден принцип совместимости факторов влияющих на работу двигателя.

Значение удельного эффективного расхода топлива по аппроксимирующим зависимостям вычисляется с учётом ряда корректирующих коэффициентов по внесённым в них расчётным формулам.

Известно, что удельный эффективный расход топлива по результатам эксперимента определяется в зависимости от: Δv – объёма топлива (см³), израсходованного двигателем за время замера τ_z , с; M_e – крутящего момента, развиваемого двигателем, Н·м; $\rho_{\text{топ}}$ – плот-

ности топлива, кг/м³ и n , мин⁻¹ – частоты вращения коленчатого вала (рис. 4).

Средняя относительная погрешность определения удельного расхода обычно составляет не более $\pm 2,5\%$. Эта величина введена в имитационную модель для учёта разброса в показаниях приборов в виде случайной функции-множителя, которая случайным образом (по закону нормального распределения) меняется от 0,975 (–2,5 %) до 1,025 (+2,5 %) при каждой смене данных.

После того, как получены результаты имитационного расчета, скорректированы показатели теплового и динамического расчета двигателя, студент заносит все результаты в тетрадь-отчёт по выполнению курсовой работы.

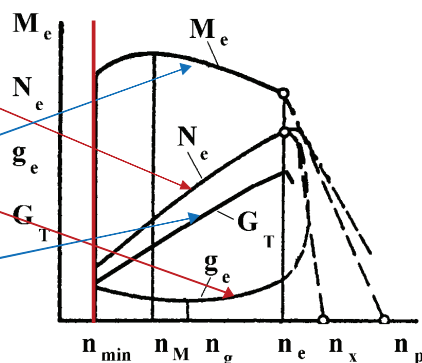
Данный подход даёт возможность проводить многовариантный поиск наилучшего конструктивного решения, оперативно проверять и количественно оценивать влияние различных факторов на параметры рабочего процесса двигателя.

$$N_e = N_e^{\max} \cdot \left(A \cdot \frac{n}{n_e} + B \cdot \frac{n^2}{n_e^2} - C \cdot \frac{n^3}{n_e^3} \right)$$

$$g_e = g_e^{\max} \cdot \left(A_1 - B_1 \cdot \frac{n}{n_e} + C_1 \cdot \frac{n^2}{n_e^2} \right)$$

$$M_e = 159,1 \cdot \frac{N_e}{n}$$

$$G_T = g_e \cdot N_e$$



$n_{\min}$ – минимальное число оборотов, при которых двигатель еще может устойчиво работать при полной нагрузке;

n_M – число оборотов, соответствующее максимальному крутящему моменту;

n_g – число оборотов, соответствующее наибольшей экономичности;

n_e – число оборотов, соответствующее максимальной мощности;

n_x – максимальное число оборотов, которое может развивать двигатель вхолостую при полностью открытом дросселе или полной подаче топлива;

Двигатели	A	B	C	A_1	B_1	C_1
Карбюраторные	1	1	1	1,2	1	0,8
Дизельные: с непосредственным впрыском	0,5	1,5	1	1,55	1,55	1
предкамерные	0,6	1,4	1	1,2	1,2	1
форкамерные	0,7	1,3	1	1,35	1,35	1

Тетрадь по имитационному моделированию и курсовому проектированию по дисциплине ЭИС

Автономная некоммерческая организация высшего образования
«Пермский институт экономики и финансов»

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего
профессионального образования
Пермский национальный исследовательский политехнический университет
Лысьвенский филиал

ТЕТРАДЬ ПО ИМИТАЦИОННОМУ МОДЕЛИРОВАНИЮ И КУРСОВОМУ ПРОЕКТИРОВАНИЮ ПО ДИСЦИПЛИНЕ «Двигатели внутреннего сгорания»



Пермь
2015

Рецензент:

Канд. пед. наук, доцент Пермский национальный исследовательский политехнический университет, Лысьвенский филиал Хаммачерова Е.Н.
Доктор технических наук, профессор Пермского института экономики и права В.В. Колос.

Ш 71 Щеткин Б. Н.

Тетрадь по имитационному моделированию и курсовому проектированию по дисциплине. Учебно-методическое пособие / составитель Б.Н.Щеткин; Электронные текстовые данные (13,6 Мбайт). АНО ВО «Пермский институт экономики и финансов» – Пермь; Лысьвенский филиал ФГБОУ ВПО «ПНИПУ» – Лысьва, 2015. – 70 с.

Учебно-методическое пособие «Тетрадь по имитационному моделированию и курсовому проектированию» разработано в соответствии с договорными отношениями вузов по сотрудничеству в сфере образования и науки и подготовлено в соответствии с требованиями Государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования и программой курса «Теория рабочих процессов и моделирование процессов в двигателях внутреннего сгорания».

В учебно-методическом пособии рассматриваются методы теоретического моделирования и расчёта процессов, составляющих рабочий цикл поршневой тепловой машины (двигателя внутреннего сгорания), а также систем и механизмов ДВС. Анализируются влияние различных факторов на процессы наполнения, сжатия, сгорания, расширения и выпуска. Приводятся методы определения индикаторных и эффективных показателей рабочего цикла, а также основных конструктивных параметров двигателей с внешним и внутренним смесобразованием. Содержит наработки заданий, а также порядок имитационного расчёта ДВС и графическое построение в программе EXCEL.

Учебно-методическое пособие предназначено для студентов всех форм обучения по направлению подготовки 190600.62 «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов», проходящих подготовку по профилю «Двигатели внутреннего сгорания», и выполняющих курсовой проект.

Утверждено и рекомендовано к изданию учебно-методической комиссией ЛФ ПНИПУ (протокол № ___ от _____ 2015г.)

ISBN

©Щеткин Б.Н., 2015
© АНО ВО «Пермский институт экономики и финансов»
© Лысьвенский филиал ФГБОУ ВПО «ПНИПУ»

Использование ЭВМ с многовариантным поиском позволяет студентам получить знания о факторах, формирующих энергетические, экономические, экологические, эксплуатационные и другие показатели двигателей, а также изучить характеристики двигателей, которые позволяют определить техническое состояние энергетической установки

и их влияние на эксплуатационные качества автомобиля.

Список литературы

1. Колчин А.И., Демидов В.П. Расчет автомобильных и тракторных двигателей. – 3-е изд. Перераб. и доп. – М.: Высшая школа, 2002. – 496 с.: ил.
2. Николаенко А.В. Теория, конструкция и расчет авто-тракторных двигателей. – М.: Колос, 1984. – 335 с.