



Министерство образования  
Республики Беларусь  
БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ  
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

---

---

Кафедра «Двигатели внутреннего сгорания»

**М.П. Ивандиков**  
**М.П. Бренч**

# **ВВЕДЕНИЕ**

# **В СПЕЦИАЛЬНОСТЬ**

*Методическое пособие  
к практическим занятиям*

**Минск 2009**

Министерство образования Республики Беларусь  
БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

---

Кафедра «Двигатели внутреннего сгорания»

М.П. Ивандиков,  
М.П. Бренч

## ВВЕДЕНИЕ В СПЕЦИАЛЬНОСТЬ

Методическое пособие  
к практическим занятиям  
для студентов специальности  
1-37 01 01 «Двигатели внутреннего сгорания»

Минск 2009

УДК 621.43 (076.5)

ББК 31.365я7

И 18

Рецензенты:

*А.Э. Павлович* канд. техн. наук,

*М.И. Жилевич* канд. техн. наук

**Ивандиков, М.П.**

И 18 Введение в специальность: методическое пособие к практическим занятиям для студентов специальности 1-37 01 01 «Двигатели внутреннего сгорания» / М.П. Ивандиков, М.П. Бренч. – Минск: БНТУ, 2009. – 34 с.

ISBN 978-985-525-202-4.

Методическое пособие предназначено для формирования у студентов представления об организации учебного процесса в вузе, получения сведений о требованиях к будущему специалисту, предъявляемых образовательным стандартом Республики Беларусь. Уделено должное внимание истории создания двигателей внутреннего сгорания, изобретательству и функциональному анализу как средству создания новых технических решений.

Пособие может быть использовано студентами других технических специальностей.

УДК 621.43 (076.5)

ББК 31.365я7

ISBN 978-985-525-202-4

© Ивандиков М.П.,

Бренч М.П., 2009

© БНТУ, 2009



## СОДЕРЖАНИЕ

1. Цель и задачи учебной дисциплины . . . . .	4
2. Организационно-методические рекомендации по изучению дисциплины . . . . .	4
3. Темы лекций . . . . .	5
4. Примерный перечень тем практических занятий . . . . .	6
5. Организация учебного процесса в вузе . . . . .	7
6. Образовательный стандарт Республики Беларусь (ОСРБ) .	9
7. Объект изучения – двигатель внутреннего сгорания . . . . .	10
7.1. История создания двигателей . . . . .	10
7.2. Систематизация и классификация автотракторных двигателей . . . . .	12
7.3. Изобретательство . . . . .	15
7.4. Функциональная схема (модель) теплового двигателя . . . . .	16
8. Перечень тем и вопросов для зачета . . . . .	23
9. Литература . . . . .	24
Приложения . . . . .	25
Приложение 1. Термины и определения ОСРБ 1-37 01 01 2007 . . . . .	25
Приложение 2. Фрагменты положений и определений из ОСРБ 1-37 01 01 2007 . . . . .	27
Приложение 3. Галерея «пионеров» двигателестроения . . . . .	30
Приложение 4. Исторические события, способствующие созданию современных двигателей . . . . .	32

## **1. Цель и задачи учебной дисциплины**

Цель преподавания дисциплины заключается в разъяснении общетехнической и государственной целесообразности подготовки инженеров по специальности «Двигатели внутреннего сгорания». Программа предусматривает ознакомление студентов с характером будущей производственной и научно-технической деятельности, с основным техническим объектом специальности – двигателем внутреннего сгорания (ДВС). Студенты знакомятся с историей вуза, организацией учебного процесса и с лабораторной базой профилирующей кафедры «Двигатели внутреннего сгорания».

Задачи изучения дисциплины:

- ознакомление с квалификационной характеристикой и учебным планом подготовки инженера-механика по специальности 1-37 01 01 «Двигатели внутреннего сгорания»;
- изучение функциональных схем тепловых двигателей и физико-технических принципов их реализации;
- овладение навыками применения основных приемов для решения инновационных, изобретательских задач по созданию новых технических объектов;
- получение навыков поиска научно-технической информации по заданной тематике;
- ознакомление с организацией учебного процесса в вузе;
- получение общего представления о роли и месте ДВС в развитии человечества;
- получение представлений о технологии изготовления двигателей.

## **2. Организационно-методические рекомендации по изучению дисциплины**

Изучение данной учебной дисциплины осуществляется в соответствии с требованиями Государственного образова-

тельного стандарта ОСРБ 1-37 01 01-2007 «Двигатели внутреннего сгорания».

Учебный план дисциплины предусматривает следующее распределение часов по видам занятий:

Лекции	Практические занятия	Аудиторные занятия	Самостоятельная работа	Всего
34	16	50	26	76

Завершается изучение дисциплины сдачей зачета.

При освоении теоретической части, студенту необходимо работать с рекомендованной литературой, научными и другими дополнительными источниками.

Время, отводимое на изучение дисциплины, распределено таким образом, что самостоятельной работе уделено особое внимание. Поэтому нужно помнить, что этот этап работы является важным элементом, особенно при подготовке к семинарским (практическим) занятиям, во время которой студент должен самостоятельно изучить ряд рекомендованной литературы, в том числе ознакомиться с научными статьями, публикуемыми в периодической технической печати.

### **3. Темы лекций**

1. Введение. Цель и задачи курса. Роль специалиста в научно-техническом и социальном прогрессе.

2. Организация подготовки инженера-механика. Квалификационная характеристика и учебный план подготовки инженера-механика.

3. Организация труда студентов в вузе. Нормативные документы. Виды учебных занятий.

4. Двигателестроение – отрасль машиностроительного производства. Роль двигателя в развитии промышленной

революции XVII. Становление двигателя как объекта машиностроения. Двигателестроение в Республике Беларусь. Модель инженера: функции, требования, уровень требований. Личности в истории двигателестроения.

5. Функциональная модель теплового двигателя. Виды энергии. Техническая функция двигателя.

6. Поршневые ДВС. Конструкции современных ДВС. История развития поршневых ДВС: Ж.Н. Ньепс, С. Карно, Ж.Э. Ленуар, Бо де Роша, Н. Отто, Р. Дизель, Г.В. Тринклер, В.И. Гриневецкий, С.С. Баландин, Ф. Ванкель. Современные заводы и мегазаводы.

7. Основы инженерного творчества. Постановка научно-технической задачи. Этапы подготовки технического задания на разработку технического объекта. Методы инженерного творчества. Теория решения изобретательских задач (ТРИЗ). Понятия об интеллектуальной собственности: виды патентов на открытия, изобретения, полезную модель и промышленный образец.

#### **4. Примерный перечень тем практических занятий**

1. История и научно-технические достижения БНТУ. Посещение музея и выставки достижений БНТУ.

2. Изучение учебного плана по специальности и нормативных документов по организации труда студентов в вузе.

3. Ознакомление с поиском информации в библиотеке. Знакомство с реферативными журналами и технической периодикой по специальности.

4. Изучение объектов лабораторной базы кафедры «Двигатели внутреннего сгорания».

5. Изучение общего устройства поршневого ДВС. Составление таблицы соответствия функциональных элементов ДВС их конструктивной реализации.

6. Механизмы и системы автотракторного поршневого ДВС. Составление кинематических схем одноцилиндрового поршневого 4 и 2-тактного ДВС.



7. Изучение приемов решения изобретательских задач. Примеры оформления новых технических решений для патентования.

8. Функциональный анализ технического объекта для синтеза вариантов технических решений при устранении недостатков конструкции.

9. Применение математики в инженерном деле. Математическое моделирование динамических процессов.

10. Применение ЭВМ при создании новой техники. Роль информационных технологий. Основные пакеты для организации делопроизводства, моделирования и проектирования новых объектов.

## **5. Организация учебного процесса в вузе**

Приступая к учебному процессу, студент должен ознакомиться со структурой делопроизводства в вузе (рис. 1). Схема структуры показывает ее состав (факультет, кафедра, группа) и взаимоподчиненность подразделений, взаимодействия которых направлены на организацию и обеспечение учебного процесса. Для студента это расписание занятий, зачетов и экзаменов.

Студент должен ориентироваться в расположении корпусов вуза, быстро находить указанные в расписании аудитории по их составным номерам (первая цифра обозначает этаж, например, 213, 1002). Для ознакомления с вузом и его историей предусмотрено посещение музея и выставки достижений БНТУ.

Преподаватель знакомит студентов с правилами внутреннего распорядка в БНТУ и обращает внимание на дисциплину поведения в общежитии, учебных корпусах и общественных местах. Так, курение разрешается только в специально отведенных для этого местах.

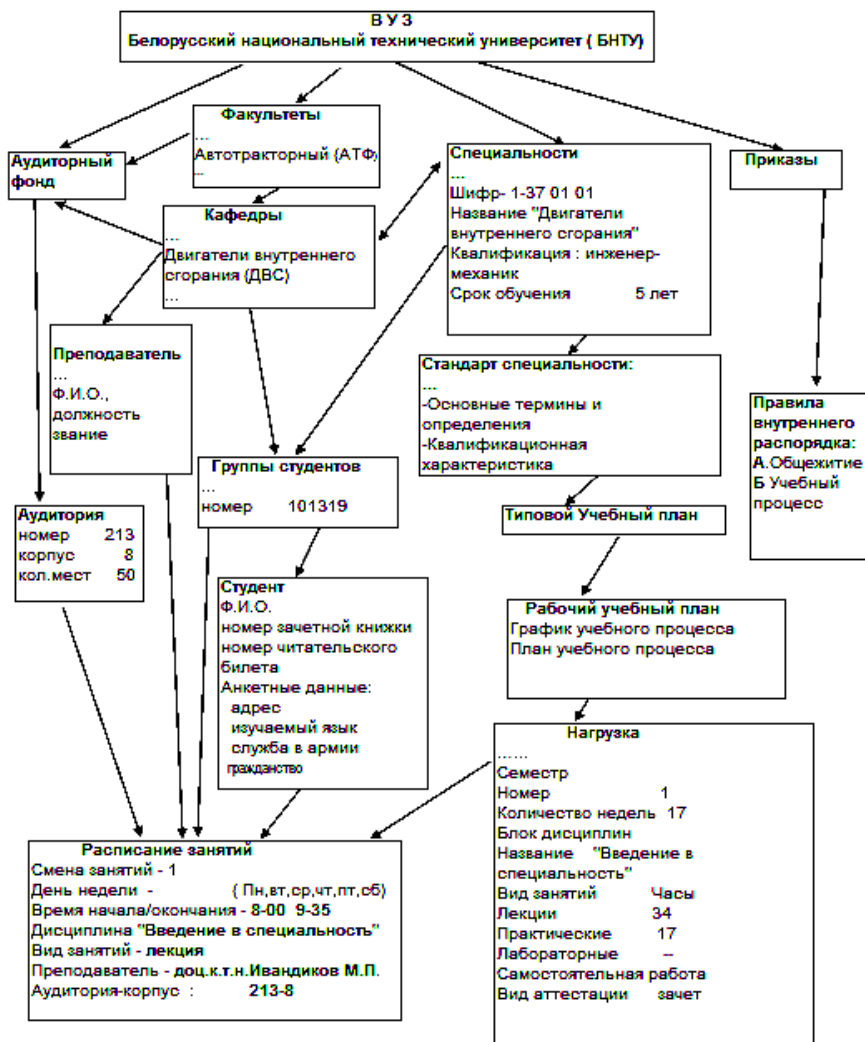


Рисунок 1. Схема организации делопроизводства в БНТУ

Учебный процесс организуется на основе следующих документов: «Стандарт специальности», «Типовой учебный план» и «Рабочий учебный план», «Типовая программа» и «Рабочая программа». Деканат факультета перед очередным учебным годом создает «Нагрузки» для каждой учебной группы на основе «Рабочего учебного плана» и передает их в табличном виде (перечень по семестрам названий дисциплин, видов занятий и количества часов) ведущей кафедре для распределения между преподавателями. После закрепления нагрузок за преподавателями диспетчер составляет расписание занятий.

В отличие от уроков в школе в вузе занятия проводятся в виде лекций, лабораторных и практических занятий. Пропуски регистрируются в журнале старостой группы. Пропущенные лабораторные работы обязательно отрабатываются после оплаты по установленной в вузе ставке и форме. Оценка знаний в течение семестра проверяется в виде контрольной работы, коллоквиума (контрольная работа по конкретной теме), а также в виде защиты лабораторных работ. Зачеты сдаются перед началом экзаменационной сессии.

## **6. Образовательный стандарт Республики Беларусь (ОСРБ 1-37 01 01 2007)**

Стандарт специальности 1-37 01 01 устанавливает цели и задачи профессиональной деятельности специалиста, требования к уровню подготовки выпускника вуза, требования к содержанию образовательной программы и ее реализации, требования к обеспечению образовательного процесса и итоговой государственной аттестации выпускника. Основные термины и определения, фрагменты положений ОСРБ представлены в прил. 1 и 2.

Они определяют сферу деятельности специалиста в двигательостроении, требования к процессу обучения и к подготовленному специалисту.

## 7. Объект изучения – двигатель внутреннего сгорания

### 7.1. История создания двигателей

Изобретение и производство ДВС послужило в свое время основой своеобразной промышленной революции. Если системно проследить зарождение научно-технических основ появления ДВС, то, пожалуй, первой можно назвать фамилию итальянца Э. Торричелли, доказавшего существование атмосферного давления. Но все достижения науки и практики должны были аккумулироваться когда-то в конструкции ДВС. В современных учебниках по двигателестроению и пособиях по истории техники и технологий первым автором практически пригодного ДВС признают француза Э. Лемуара (прил. 3), забывая о работах французов братьев Ньепсов. Жозеф Нисефор и Клод Ньепсы в 1807 г. получили патент на устройство, которое они назвали *pyreolophore*. В патентном формуляре было написано: пирэолофор, или новая машина, двигательным принципом которой является воздух, расширяемый огнем.

Началом принципа действия ДВС также можно считать изобретение А. Вольта в 1777 г. пистолета, в котором вместо пороха подрывалась с помощью электрической искры смесь воздуха с каменноугольным газом. В 1807 году швейцарец Исаак де Ривац получил патент на использование смеси воздуха с каменноугольным газом как средства генерации механической энергии.

Исследования проблемы воспламенения газа проводили англичанин Роберт Стрит, француз Филипп Лебон и американец Питер Купер. В 1825 г. Майкл Фарадей получил из каменного угля бензол – первое жидкое топливо для ДВС.

Наряду с другими патенты на такие двигатели получили англичане Броуп (1823) и Вraith (1833). Фундамент для создания легкого, компактного двигателя был заложен лишь в 1841 г. итальянцем Луиджи Кристофорисом, который построил двигатель, работающий на принципе «сжатие-воспламенение».

Такой двигатель имел насос, подававший в качестве топлива воспламеняемую жидкость – керосин.

Еугенио Барзанти и Фетис Матточчи развили эту идею и через два года после получения в 1854 г. английского патента представили первый настоящий ДВС. Он работал в трехтактной последовательности (без хода сжатия) и имел водяное охлаждение. Хотя рассматривались и другие виды топлива, но все же в качестве горючего выбрали смесь воздуха с каменноугольным газом и при этом достигли мощности в 5 л.с.

В 1858 г. появился двухцилиндровый двигатель с противоположно расположенными цилиндрами. С 1860 г. он производился небольшими партиями компанией «Эшер-Висс» в Цюрихе. Безвременная смерть Барзанти в 1864 г. и плохое состояние здоровья Матточчи помешали закончить проект. К тому времени француз Этьен Лемуар завершил свою разработку, начатую его соотечественником Хугоном в 1858 г. В 1860 г. Лемуар запатентовал свой собственный ДВС, который позже имел большой коммерческий успех. Двигатель работал на каменноугольном газе в трехтактном режиме. В 1863 г. его пытались установить на автомобиль, но мощности в 1,5 л.с. при 100 об./мин было недостаточно для передвижения.

Братья Клод и Жозеф Нисефор Ньепсы были пионерами идеи ДВС и ее первого практического воплощения, пионерами идеи впрыска жидкого топлива, пионерами первого применения водометного движителя. В 1824 г. С. Карно, лично знакомый с двигателем Ньепсов, обосновал идеальный цикл ДВС, который позже был назван «цикл Карно». Братья Ньепсы на 50 лет опередили конструкторские разработки Э. Лемуара, на 90 лет – предложения Р. Дизеля. Но это изобретение существенно опередило время и не могло развиваться в условиях, когда паровая машина уже начала свое победное шествие в промышленности и на транспорте.

Большой вклад в развитие теории двигателей внесли русские исследователи (прил. 4).

Гриневецкий И.Г. (1871–1919) – в труде «Тепловой расчет рабочего процесса двигателей внутреннего сгорания» изложил основы теории двигателей и впервые предложил метод теплового расчета, которым пользуются и в наши дни.

Брилинг Н.Р. (1876–1961) – основоположник теории авто-тракторных двигателей, специализировался на расчетах теплотеплопередачи в двигателях.

Мазинг Е.К. (1880–1944) – ученик и последователь Гриневецкого И.Г., усовершенствовал методику теплового расчета двигателя, исследовал вопросы генерирования газа и его использования в двигателях.

Стечкин Б.С. (1891–1969) – ученик Жуковского Н.Е., специалист в области аэромеханики и теплотехники, газовой динамики лопаточных машин, разработал основы теории воздушно-реактивных двигателей.

## **7.2. Систематизация и классификация автотракторных двигателей**

Автомобиль для выполнения своей технической функции – перевозки грузов и людей – должен иметь источник энергии. Таким источником на автомобиле является двигатель. *Двигатель* – машина, которая преобразует любой вид энергии в механическую. *Машина* – комплекс механизмов, предназначенный для выполнения требуемой полезной работы, связанной с процессом производства, транспортирования или преобразования энергии. *Механизм* – связанная система тел (звеньев), предназначенная для совершения определенных целесообразных движений.

Поток механической энергии от двигателя передается через механизмы трансмиссии к ведущим колесам. В результате взаимодействия колес с опорной поверхностью дороги возникает сила тяги. В связи с этим в технике часто используют понятие «*силовая установка*» – совокупность двигателей и других машин, предназначенных для выработки механической энергии за счет энергии другого рода.

Современный уровень знаний позволяет назвать не менее десяти видов энергии, которую можно подать на вход двигателя и на выходе получить механическую.

В силовых установках автотракторного типа используют упругостную, химическую, электрическую и электромагнитную энергию. **Упругостную** энергию запасают в виде сжатого газа и используют, например, при пуске двигателя. Высвобождается эта энергия при снятии внешних сил с упругого тела. **Химическая** энергия запасается в виде жидкого, газообразного или твердого топлива и высвобождается при горении. Т. к. при горении выделяется теплота, то двигатели, преобразующие эту тепловую энергию в механическую, называются тепловыми.

**Электрическая** энергия, т.е. энергия упорядоченного движения заряженных частиц, преобразуется в механическую с помощью электродвигателя. Запасать ее можно, например, в электроаккумуляторах. Примером использования электрической энергии на транспорте является троллейбус.

**Электромагнитная** энергия, т.е. энергия солнечного света, сначала преобразуется в электрическую с помощью солнечной батареи, а затем через электродвигатель – в механическую.

На автомобильном транспорте преимущественное распространение получили тепловые двигатели. В настоящее время в технике разработано множество двигателей различных принципиальных и конструктивных схем. Чтобы облегчить их изучение, понять общие принципы функционирования и особенности конкретного конструктивного исполнения, в инженерной практике используют такие приемы познания, как классификация и систематизация. В нашем случае классификация есть разделение множества двигателей на группы по принятым существенным признакам, т.е. тем, которые прогнозируют, предопределяют другие признаки двигателя в данной группе. Фактически пользуясь приемом классификации, мы выделили из множества двигателей тепловые.

Тепловые поршневые ДВС можно классифицировать на группы по различным признакам:

*назначению:*

– стационарные двигатели, применяемые на электростанциях, буровых установках, нефте- и газоперекачивающих станциях и т.п.;

– транспортные, используемые на автомобилях, тракторах и других мобильных машинах;

*виду применяемого топлива:*

– двигатели, работающие на жидком топливе (бензин, дизельное топливо);

– двигатели, работающие на газообразном топливе (естественном, генераторном газе и др.);

*способу осуществления рабочего цикла:*

– двухтактные двигатели, в которых рабочий цикл в одном цилиндре осуществляется за два хода поршня, т.е. за один оборот коленчатого вала;

– четырехтактные, в которых рабочий цикл в одном цилиндре совершается за четыре хода поршня, т.е. за два оборота коленчатого вала;

*способу воспламенения рабочей смеси:*

– с принудительным зажиганием электрической искрой (бензиновые карбюраторные двигатели, бензиновые двигатели с впрыском топлива, газовые двигатели);

– с самовоспламенением топлива от сжатия свежего заряда (дизельные двигатели);

– с форкамерно-факельным зажиганием, когда смесь в специальной дополнительной камере сгорания воспламеняется искрой, а в основной камере – от факела пламени из дополнительной камеры (бензиновые карбюраторные двигатели);

*способу смесеобразования:*

– с внешним смесеобразованием (газовые двигатели, бензиновые карбюраторные и бензиновые с впрыском топлива во впускной трубопровод);

– с внутренним смесеобразованием (дизели и двигатели с впрыском бензина в цилиндры);



*способу наполнения цилиндров свежим зарядом:*

– двигатели с естественным всасыванием заряда за счет разрежения в цилиндре при такте наполнения;

– двигатели с наддувом, когда свежий заряд поступает в цилиндры под давлением, превышающим давление окружающей среды.

*конструктивным признакам:*

– одно- и многоцилиндровые;

– с вертикальным, горизонтальным, V- и звездообразным расположением блоков цилиндров;

– одно- и двухвальные;

*По способу охлаждения цилиндров:*

– с жидкостным охлаждением;

– с воздушным охлаждением.

### **7.3. Изобретательство**

Можно ли изобретать под заказ? Оказывается можно.

Основоположником ТРИЗ является Г.С. Альтшуллер. Он родился 15 октября 1926 г. в городе Ташкенте (СССР, Узбекистан). Альтшуллер изобретал с детства. Среди его первых трудов катер с ракетным двигателем, пистолет-огнемет, скафандр. Первое авторское свидетельство на изобретение получил в возрасте 17 лет (приоритет заявки от 9 ноября 1943 г.).

Основу ТРИЗ составляет положение о развитии технических систем через возникновение и устранение технических противоречий между частями системы либо между системой и внешней средой. Поэтому канонической формой произвольной изобретательской задачи является физическое противоречие, когда к одной и той же части системы предъявляются взаимопротиворечивые физические требования.

Для устранения физического противоречия используются:

– приемы устранения технических противоречий;

– указатели физ-, хим-, геометрических и прочих эффектов, уникальный справочник, информационно-поисковая система вида «требуемое действие, свойство-эффект»;

- стандарты на решение изобретательских задач;
- информационно-советующая система, разработанная для ЭВМ, или «изобретающая машина» (разработчик – фирма IMLab, Минск–Санкт-Петербург–Нью-Йорк).

На обширном материале выявлены эмпирические закономерности эволюции технических систем и приемы устранения противоречий.

ТРИЗ позволяет на основе знания закономерностей развития технических систем предвидеть и получать новые технические решения.

#### **7.4. Функциональная схема (модель) теплового двигателя**

Функциональная схема (модель) теплового двигателя – это графическое изображение его структуры, каждая часть которой выполняет определенную функцию (т.е. имеет свое назначение), с указанием путей передачи воздействий между ними. В функциональной структуре элемент отождествляется с действием, которое он должен совершать, т.е. показывает, что надо делать, но не показывает, как. Если в разных конструкциях есть одинаковые действия элементов, значит, они для этих конструкций общие и совокупность их позволит систематизировать схему технического объекта.

Систематизация тепловых двигателей – это выявление функциональных элементов, обеспечивающих реализацию принципов работы двигателей различных конструкций, установление связей между ними и объединение их в обобщенную функциональную структуру двигателя.

Функциональная модель теплового двигателя на метауровне (наиболее обобщенное представление) показана на рис. 2, а. На входе – топливо  $G_T$  и окислитель  $G_{OK}$  (обычно это кислород, содержащийся в воздухе  $G_B$ ), на выходе – крутящий момент  $M$  и угловая скорость выходного вала  $\omega$ . Показана обязательная отдача части теплоты холодному источнику  $Q_{хол}$  для удовлетворения второго закона термодинамики.

Функциональная модель на макроуровне иллюстрирует процесс преобразования энергии в тепловом двигателе (рис. 2, б). Выделим здесь первичный преобразователь ПП, где происходит высвобождение химической энергии и превращение ее в теплоту, которая передается рабочему телу РТ – обычно это газообразное вещество. Термодинамические параметры РТ (давление  $p$ , температура  $T$ , объем  $V$ ) с помощью конечного преобразователя КП преобразуют тепловую энергию в механическую. История развития техники указывает на следующие конструктивные реализации КП (рис. 3):

- кривошипно-шатунный механизм (КШМ), который применили Д. Уатт (1779 г.), Ж.-Э. Ленуар, (1860 г.), Н. Отто (1867 г.), Р. Дизель (1897 г.);

- газовая турбина, которую предложил П. Кузминский (1892 г.);

- вращающийся поршень-ротор, предложенный Ф. Ванкелем (1934г.);

- реактивное сопло, предложенное Н. Кибальчичем (1881 г.).

В дальнейшем будем обозначать ПП его единственным на сегодня конструктивным решением – камерой сгорания КС, т.е. ПП = КС.

На рис. 2 показаны также механические потери мощности  $P_m$  и акустическое излучение (шум)  $L$  при работе двигателя. Отвод теплоты холодному источнику происходит при выходе отработавших газов ОГ.

Произведем структурирование функциональной схемы и покажем возможные решения конструктивных схем теплового двигателя. На рис. 4, а, (КС + РТ) и КП выделены в самостоятельные функциональные единицы. Внутри (КС + РТ) сгорает топливо, в результате теплота выделяется и воздействует на РТ, изменяя его термодинамические параметры. Взаимодействие этих функциональных единиц осуществляется с помощью меняющихся параметров РТ. Такой двигатель назвали **двигателем внутреннего сгорания**. Другая структуризация показана на

рис. 4, б. КС выделяется во внешний элемент, РТ и КП объединяются в другом конструктивном узле. Это схема *двигателя внешнего сгорания*, предложенная Р. Стирлингом (1816 г.). По схеме двигателя внешнего сгорания работают паровые машины.

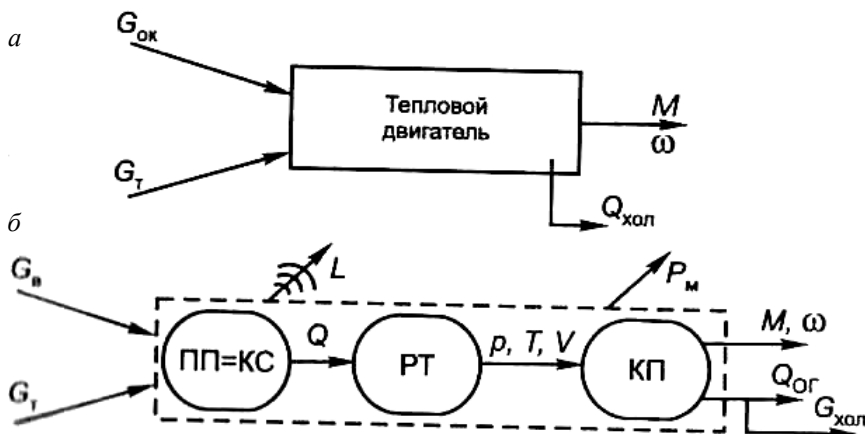


Рис. 2. Функциональная модель теплового двигателя:  
а – на метауровне; б – на макроуровне

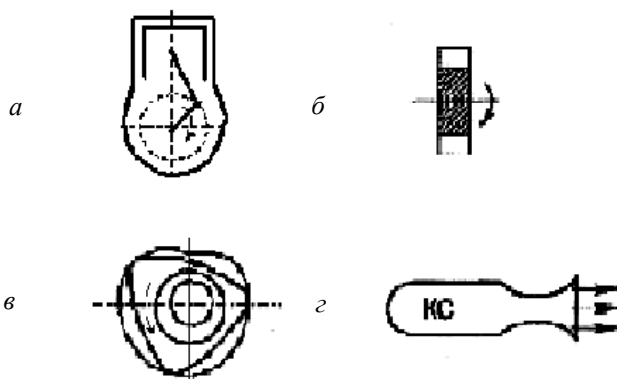


Рис. 3. Конструктивная реализация КП ДВС:  
а – в виде КШМ; б – в виде ГТ; в – в виде ротора;  
г – в виде реактивного сопла

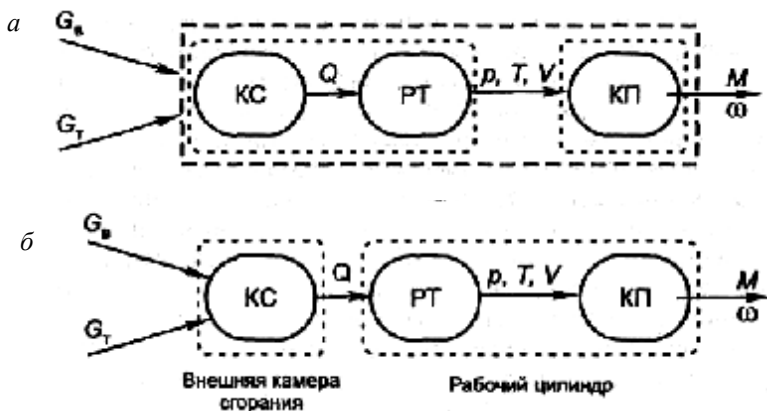


Рис. 4. Структурирование функциональной модели теплового двигателя  
 а – двигатель внутреннего сгорания; б – двигатель внешнего сгорания

Совокупность ПП, РТ и КП назовем функциональным модулем с именем «Тепловой преобразователь энергии» (ФМ «ТПРЭ»). Данный функциональный модуль представляет собой графическую интерпретацию понятия «двигатель» и показывает схему преобразования химической энергии топлива в механическую с помощью соответствующих функциональных элементов.

Для того чтобы функциональный модуль «Тепловой преобразователь энергии» (т.е. собственно двигатель) выполнял свое назначение по генерированию механической энергии и обеспечивал на всех режимах работы оптимальные мощностные, экономические и экологические показатели, его надо оснастить дополнительными функциональными устройствами. ФМ «ТПРЭ» и эти дополнительные функциональные устройства по сути уже составляют силовую установку. Функциональная схема силовой установки на расширенном макроуровне, представляющая бензиновый карбюраторный двигатель, дана на рис. 5. Функциональные элементы по значимости влияния на выполнение технической функции двигателя разделены на главные (ГФЭ) и вспомогательные (ВФЭ).

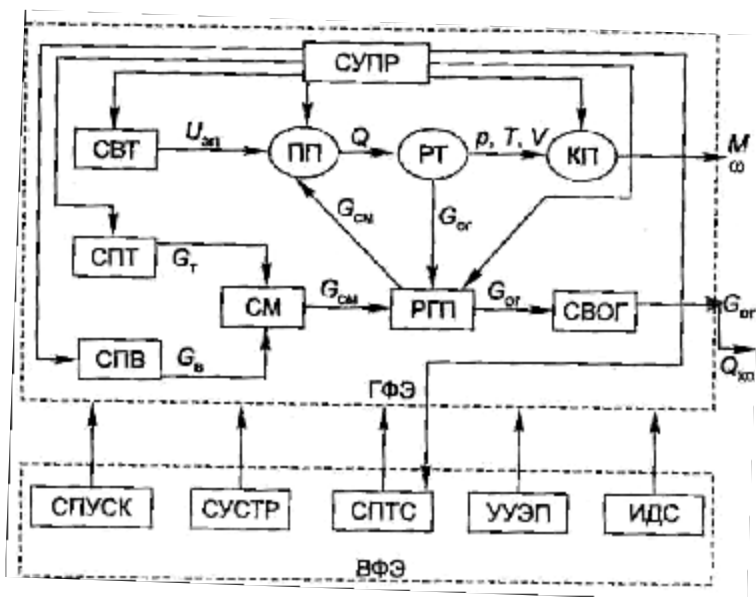


Рис. 5. Функциональная схема силовой установки на расширенном макроуровне (бензиновый карбюраторный двигатель)

ГФЭ обеспечивают принципиальное выполнение технической функции двигателя, т.е. непосредственное выполнение физических операций, с помощью которых реализуется потребность в механической энергии. ВФЭ не влияют на принципы выполнения технической функции двигателя, но обеспечивают более эффективную его работу.

Приведенная на рисунке схема показывает, что силовая установка представляет систему функциональных элементов, взаимодействующих между собой. Синхронизация работы функциональных элементов и обеспечение качественных показателей характеристик двигателя связаны с законами управления функционированием двигателя. Поэтому обобщенная функциональная схема теплового двигателя должна включать элементы, выполняющие роль управления. Эти элементы составляют систему управления (СУПР).

Управляющие воздействия показаны на рис. 5 стрелками, проведенными от СУПР к соответствующим функциональным элементам. В современном бензиновом двигателе система управления выполняет как главные функции – своевременную подачу напряжения на свечу зажигания в камере сгорания, своевременное открытие и закрытие клапанов механизма распределения газовых потоков (РГП), так и некоторые вспомогательные функции. К последним относятся регулирование температурного состояния двигателя, управление длиной впускного трубопровода и рециркуляцией отработавших газов, регулирование степени сжатия или отключения некоторых цилиндров КШМ.

Функциональные элементы двигателя могут быть реализованы в виде различных конструкций (табл. 1)

Таблица 1

Соответствие функциональных элементов двигателя их конструктивным реализациям

<b>Функциональные элементы</b>	<b>Варианты конструктивной реализации</b>
<i>ГФЭ</i>	
Первичный преобразователь (ПП)	Камера сгорания
Система воспламенения топлива (СВТ)	Система батарейного зажигания Система зажигания с магнето
Рабочее тело (РТ)	Газообразные продукты сгорания
Конечный преобразователь(КП)	КШМ, ротор-поршень
Система подачи воздуха (СПВ)	Воздушный фильтр, впускной коллектор, впускной клапан
Система подачи топлива (СПТ)	Топливный бак, бензонасос, фильтры, топливопроводы
Смеситель (СМ)	Карбюратор

<b>Функциональные элементы</b>	<b>Варианты конструктивной реализации</b>
Распределитель газовых потоков (РГП)	Газораспределительный механизм
Система выпуска отработавших газов(СВОГ)	Выпускной клапан, выпускной коллектор, глушитель
Система управления (СУПР)	Привод дроссельной заслонки, ограничитель частоты вращения коленчатого вала, регулятор угла опережения зажигания, термостат, управление клапанами ГРМ. Блоки микропроцессорного управления
<i>ВФЭ</i>	
Система уменьшения сил трения (СУСТР)	Моторное масло, маслонасос, фильтр, маслопроводы, материалы в парах трения. Керамический двигатель
Система поддержания теплового состояния( СПТС)	Охлаждающая жидкость, насос, рубашка охлаждения, радиатор, термостат, подогреватель
Система пуска(СПУСК)	Электростартер; заводная ручка
Устройства улучшения экологических показателей (УУЭП)	Каталитический и термический нейтрализаторы, сажевый фильтр, плазменный реактор. Антишумовая капсула
Информационно-диагностическая система(ИДС)	Система встроенных датчиков для контроля параметров двигателя, щиток приборов оперативной и диагностической информации



## **8. Перечень тем и вопросов для зачета**

1. Структура делопроизводства в вузе. Объекты структуры делопроизводства и их взаимосвязи.
2. Организация труда студентов в вузе. Нормативные документы. Виды учебных занятий.
3. Квалификационная характеристика и учебный план подготовки инженера-механика.
4. Личности и события в истории двигателестроения.
5. Принцип действия двигателя внутреннего сгорания и его устройство.
6. Основы инженерного творчества. Постановка научно-технической задачи.
7. Теория решения изобретательских задач (ТРИЗ).
8. Функциональный анализ технических систем.

## 9. Литература

### *Основная*

1. Образовательный стандарт Республики Беларусь. Высшее образование. Первая ступень. Специальность 1-37 01 01 «Двигатели внутреннего сгорания». Квалификация «Инженер-механик». ОСРБ 1-37 01 01 2007.

2. Двигатели внутреннего сгорания. Устройство и работа поршневых и комбинированных двигателей / под. ред. А.С. Орлина, М.Т. Круглова. – М.: Машиностроение, 1980. – 288 с.

3. Ивандиков, М.П. Основы управления интеллектуальной собственностью: методическое пособие к практическим занятиям по курсу для студентов специальностей 1-37 01 01 «Двигатели внутреннего сгорания» и 1-37 01 02 «Автомобилестроение» / М.П. Ивандиков. – Минск: БНТУ, 2008 – 64 с.

### *Дополнительная*

4. Альтшуллер, Г.С. Найти идею: введение в теорию решения изобретательских задач / Г.С. Альтшуллер. – Новосибирск: Наука, 1986. – 86 с.

5. Периодические издания:

5.1. Журнал «Двигателестроение».

5.2. Журнал «Вестник БНТУ».

## Приложения

### Приложение 1

#### Термины и определения ОСРБ 1-37 01 01 2007

Термин	Определение
Двигателестроение	область машиностроения, включающая совокупность средств, способов и методов человеческой деятельности, предназначенных для проектирования, производства и испытаний двигателей внутреннего сгорания
Двигатель внутреннего сгорания (ДВС)	тепловой двигатель, в котором выделение теплоты и преобразование ее части в механическую работу происходит внутри самого двигателя
Дидактическая единица	автономная часть содержания учебной дисциплины, выраженная в названиях тем, разделов или модулей
Зачетная единица (кредит)	мера количественного измерения учебной нагрузки студента по овладению учебным предметом, включающей аудиторные часы и внеаудиторную самостоятельную работу, в том числе подготовку и сдачу экзамена
Инженер-механик	профессиональная квалификация специалиста в области специализированной техники, технологических машин и оборудования с высшим профессиональным образованием
Качество высшего образования	соответствие высшего образования (как результата, как процесса, как социальной системы) потребностям, интересам личности, общества, государства
Квалификационная характеристика специалиста	обобщенная норма качества подготовки по определенной специальности (специализации) с соответствующей квалификацией, включающая сферы, объекты, виды и задачи профессиональной деятельности, а также состав компетенций, необходимых для выполнения функциональных обязанностей в условиях социально регулируемого рынка
Квалификация	знания, умения и навыки, необходимые для той или иной профессии на рынках труда, подтвержденные документом (СТБ 22.0.1)

Продолжение прил. 1

Термин	Определение
Компетентность	выраженная способность применять свои знания и умения (СТБ ИСО 9000)
Компетенция	знания, умения и опыт, необходимые для решения теоретических и практических задач
Обеспечение качества	скоординированная деятельность по руководству и управлению организацией, направленная на создание уверенности, что требования к качеству будут выполнены (СТБ ИСО 9000)
Образовательная программа	система целей, задач и содержания образования, определяемая образовательными стандартами и разработанными на их основе учебными планами и учебными программами
Подготовка	процесс обучения и воспитания, направленный на овладение будущими специалистами компетенциями, позволяющими решать социальные, профессиональные и личные проблемы
Специальность	вид профессиональной деятельности, требующий определенных знаний, умений и компетенций, приобретаемых путем обучения и практического опыта (ОКРБ 011)
Типовой учебный план	составная часть образовательной программы, регламентирующая структуру и содержание подготовки специалиста, виды учебных занятий и формы контроля знаний, которая учитывает государственные, социальные и личные потребности обучаемых, определяет степень самостоятельности вуза
Типовая учебная программа дисциплины	учебно-методический документ, определяющий цели, задачи и содержание теоретической и практической подготовки выпускника вуза по учебной дисциплине, который разрабатывается на основе образовательного стандарта по специальности и утверждается в установленном порядке Министерством образования
Требование	потребность или ожидание, которое установлено, обычно предполагается или является обязательным (СТБ ИСО 9000)

Термин	Определение
Учебная программа дисциплины	учебно-методический документ вуза, разрабатываемый на основе типовой учебной программы и определяющий цели и содержание теоретической и практической подготовки специалиста по учебной дисциплине, входящей в учебный план специальности, раскрывающей основные методические подходы к преподаванию дисциплины
Учебный план специальности	учебно-методический документ вуза, разработанный на основе образовательного стандарта по специальности, содержащий график учебного процесса, формы, виды и сроки проведения учебных занятий, итогового и поэтапного контроля, перечень и объем циклов дисциплин с учетом региональных и отраслевых особенностей вуза

## Приложение 2

## Фрагменты положений и определений из ОСРБ 1-37 01 01 2007

Раздел	Содержание
<b>5. Квалификационная характеристика специалиста</b>	
5.1. Сфера профессиональной деятельности	<ul style="list-style-type: none"> <li>– производство (управление производством, проектирование ДВС, его систем и механизмов, технологическое и конструкторское сопровождение продукции, сборка и испытания двигателей и автотранспортных средств, их узлов, механизмов и деталей, диагностика, эксплуатация и ремонт двигателей);</li> <li>– образование (обеспечение учебного процесса, разработка стендов для учебных лабораторий, постановка новых лабораторных работ);</li> <li>– наука (создание альтернативных схем ДВС, исследование рабочих процессов ДВС, оценка влияния ДВС на экологию, моделирование эксплуатационных ситуаций, снятие характеристик автотракторной техники, узлов и механизмов)</li> </ul>

Раздел	Содержание
5.3. Виды профессиональной деятельности	<p>Выпускник вуза после адаптации (до 1 года) должен быть компетентным в следующих видах деятельности:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– проектно-конструкторской;</li> <li>– научно-исследовательской;</li> <li>– ремонтно-эксплуатационной;</li> <li>– производственно-технологической;</li> <li>– организационно-управленческой и инновационной</li> </ul>
5.4. Задачи профессиональной деятельности	<p>Выпускник вуза должен быть компетентен решать следующие профессиональные задачи:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– постановка задач на основе современных компьютерных методов сбора и обработки информации в сфере своей профессиональной деятельности;</li> <li>– выработка и принятие решения;</li> <li>– планирование деятельности;</li> <li>– организация производства и управления;</li> <li>– обучение и повышение квалификации персонала;</li> <li>– оценка результатов, в том числе, технико-экономический анализ конструкторских разработок и технологических процессов и производственной деятельности</li> </ul>
5.5. Состав компетенций	<p>Подготовка специалиста должна обеспечивать формирование следующих групп компетенций:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– академических, включающих знания и умения по изученным дисциплинам, способности и умения учиться;</li> <li>– социально-личностных, включающих культурно-ценностные ориентации, знание идеологических, нравственных ценностей общества и государства и умение следовать им;</li> <li>– профессиональных, включающих знания и умения формулировать проблемы, решать задачи, разрабатывать планы и обеспечивать их выполнение в избранной сфере профессиональной деятельности</li> </ul>

Раздел	Содержание
<b>6. Требования к уровню подготовки выпускника</b>	
6.1. Общие требования к уровню подготовки	6.1.1. Выпускник должен иметь достаточный уровень знаний и умений в области социально-гуманитарных, естественнонаучных, обще профессиональных и специальных дисциплин, дисциплин специализации для осуществления социально-профессиональной деятельности.
	6.1.2. Выпускник должен уметь непрерывно пополнять свои знания, анализировать исторические и современные проблемы социально-экономической и духовной жизни общества, знать идеологию белорусского государства, нравственные и правовые нормы, уметь учитывать их в своей жизнедеятельности
	6.1.3. Выпускник должен владеть государственными языками (белорусским, русским), одним или несколькими иностранными языками, быть готовым к постоянному профессиональному, культурному и физическому самосовершенствованию.
6.2. Требования к академическим компетенциям	<p>Выпускник должен обладать следующими академическими компетенциями:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– владеть базовыми научно-теоретическими знаниями и применять их для решения теоретических и практических задач;</li> <li>– владеть системным и сравнительным анализом;</li> <li>– владеть исследовательскими навыками;</li> <li>– уметь работать самостоятельно;</li> <li>– быть способным выдвигать новые идеи;</li> <li>– владеть междисциплинарным подходом при решении проблем;</li> <li>– иметь навыки, связанные с использованием технических устройств, управлением информацией и работой с компьютером;</li> <li>– иметь лингвистические навыки;</li> <li>– уметь учиться, повышать свою квалификацию в течение профессиональной деятельности</li> </ul>

Раздел	Содержание
6.3. Требования к социально-личностным компетенциям	<p>Выпускник должен иметь следующие социально-личностные компетенции:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– обладать качествами гражданственности;</li> <li>– быть способным к социальному взаимодействию;</li> <li>– обладать способностью к межличностным коммуникациям;</li> <li>– обладать навыками здорового образа жизни;</li> <li>– быть способным к критике и самокритике;</li> <li>– уметь работать в коллективе</li> </ul>

Приложение 3

Галерея «пионеров» двигателестроения



**ЛЕНУАР** (Lenoir)  
Жан Жозеф Этьен



Николаус Отто



Гриневецкий В.И.



Жосеф Нисефор Ньепс





Борис Григорьевич Луцкой  
(Луцкий)



Вильгельм Майбах



Ползунов И.И.



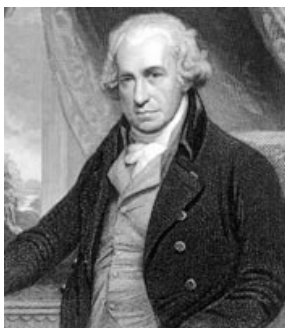
Сади Карно



Рудольф Дизель



Костович И.С.



Дж Уатт



Орлин А.С.

#### Приложение 4

### Исторические события, способствующие созданию современных двигателей

Дата / период	Автор	Событие
начало 80-х гг. XVII в.	Жан Готфейл, Христиан Гюйгенс	Создали прообразы ДВС – «атмосферные двигатели», – в конструкциях которых так же как и в паровых машинах, использовалось сочетание поршень–цилиндр. В качестве рабочей среды применялись газы, получаемые в результате сгорания твердого порошкообразного топлива – пороха
1799 г.	Филипп Лебон	Впервые получил светильный газ и запатентовал способ его производства. В 1801 г. Лебону выдали патент на двигатель, в котором должно было вначале осуществляться раздельное сжатие газа и воздуха, затем их смешивание, наполнение цилиндра газовойдушной смесью и сгорание. Эта установка не была построена
1807 г.	братья Ньепсы	Получили патент на ДВС под названием <i>rugeolophone</i> (от греч. <i>pure</i> – огонь, <i>eolo</i> – ветер, <i>phone</i> – движение) Применяли вначале твердые топлива (семена плауна, мелкоразмолотый уголь), а в 1816 г. применили сырую нефть и газообразное топливо

Дата / период	Автор	Событие
1823 г.	Сэмюэль Браун	Создал действующий атмосферный двигатель на светильном газе и впервые предусмотрел его водяное охлаждение. Первые газовые ДВС работали без предварительного сжатия рабочей смеси
1823 г.	братья Дубинины (Россия)	Впервые в России получили керосин на заводе в Моздоке
1824 г.	Сади Карно	Опубликовал работу «Размышление о движущей силе огня и машинах, способных развивать эту силу», в которой обосновал применение в тепловых машинах газообразного рабочего тела взамен водяного пара. Работа основана на знакомстве с двигателем Ньепсов
1838 г.	В. Барнет	Пытался впервые осуществить на практике предварительное сжатие газа и воздуха вне рабочего цилиндра и дополнительное повышение давления горючей смеси уже в его полости
1842 г.	Дрейк (Англия)	Впервые был построен газовый двигатель. Всасывание смеси в его цилиндр протекало на протяжении первой половины хода поршня. Она воспламенялась от раскаленной чугунной запальной трубки, сообщавшейся с полостью цилиндра в середине хода поршня. Двигатель мог работать как на газообразном, так и на жидком топливе (керосине). Во время испытаний, проведенных в 1847 г., он развивал мощность до 14,7 кВт при частоте вращения выходного вала 60 об./мин
1854 г.	Барзанти и Матеекки.	Воспламенение рабочей смеси из светильного газа и воздуха при помощи электрической искры
1860 г.	Этьен Ленуар (Франция)	Получил патент на двигатель, работающий на светильном газе
1862 г.	Бо де Роша (Франция)	Впервые высказал идею четырехтактного цикла и в 1862 г. издал брошюру под названием «Новейшие исследования относительно практических условий применения теплоты». Однако патента Бо де Роша не получил и свой двигатель строить не стал

Дата / период	Автор	Событие
1867 г.	Николаус Август Отто, Эйген Ланген (Германия)	Продемонстрировали новый газовый двигатель. А в 1878 г., после многолетних опытов, они создали новый двигатель, в котором впервые реализовали так называемый четырехтактный цикл, впоследствии получивший название «цикла Отто»
1873 г.	Брайтон (США)	Построил двигатель, работающий на парах керосина
1884 г.	Юлиус Готлиб Даймлер, Вильгельм Майбах (Германия)	В Германии сконструировали бензиновый двигатель
1885 г.	Б.Г. Луцкой (Россия)	Русский конструктор Б.Г. Луцкой сконструировал и изготовил вертикальный газовый одноцилиндровый двигатель, работавший, как и двигатель Отто, по четырехтактному циклу. Позже, стремясь к повышению мощности, Луцкой приступил к созданию многоцилиндровых машин. В 1900–1901 гг. он построил шестицилиндровый агрегат мощностью 220,8 кВт.
1889 г.	И.С. Костович (Россия)	Разработал проект первого двигателя с искровым зажиганием, который был построен в 1889 г. на заводе Э. Нобеля в Петербурге (ныне завод «Русский дизель»)
1897 г.	Р. Дизель (Германия)	Построил двигатель, работавший на керосине, впоследствии названный дизельным
1906 г.	В.И. Гриневецкий (профессор МВТУ)	Впервые разработал метод теплового расчета двигателя. Дополнили метод: чл.-корр. АН СССР Н.Р. Брилинг, проф. Е. К. Мазинг, акад. Б. С. Стечкин и др.



Рис. 1. Схема структурного представления организации делопроизводства в БНТУ

Учебное издание

ИВАНДИКОВ Михаил Петрович  
БРЕНЧ Михаил Петрович

## ВВЕДЕНИЕ В СПЕЦИАЛЬНОСТЬ

Методическое пособие  
к практическим занятиям  
для студентов специальности  
1-37 01 01 «Двигатели внутреннего сгорания»

Редактор Е.О. Коржуева  
Технический редактор О.В. Дубовик  
Компьютерная верстка О.В. Дубовик

---

Подписано в печать 11.11.2009.  
Формат 60×84<sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Бумага офсетная.  
Отпечатано на ризографе. Гарнитура Таймс.  
Усл. печ. л. 1,98. Уч.-изд. л. 1,54. Тираж 100. Заказ 773.

---

Издатель и полиграфическое исполнение:  
Белорусский национальный технический университет.  
ЛИ № 02330/0494349 от 16.03.2009.  
Проспект Независимости, 65. 220013, Минск.