


## 4. ПЕРВОНАЧАЛЬНАЯ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ДЕЙСТВИЙ

Ниже описана характерная последовательность действий, рекомендуемая начинающим пользователям при проведении самых первых расчетов. Описание основных пунктов меню программы, кнопок и приемов работы с таблицами и графиками изложено в справочной системе. Перечень входных данных в окнах ввода устанавливается автоматически в зависимости от типа двигателя, способа его расчета, наличия, типа соединения и способов расчета турбин и компрессоров агрегата наддува.


### Шаг 1.

Кнопка: . С помощью программы «Мастер настройки ДВС» создайте новый проект. Под понятием проекта понимается файл исходных данных, описывающий двигатель и полученные расчетные данные.

### Шаг 2.

В окнах «Мастера настройки ДВС» ответьте на все вопросы, введите соответствующие геометрические размеры, режимные параметры, а также выберите конфигурацию агрегата наддува. Мастер настройки сам сформирует Вам файл исходных данных, установит значения эмпирических коэффициентов и других параметров в соответствии с распространенными техническими решениями в области двигателестроения. В случае затруднений, оставьте значения, предлагаемые программой по умолчанию.

### Шаг 3.


Кнопка: . Сохраните проект в отдельном каталоге. Необходимо для каждого проекта создавать отдельный каталог. Это требование связано с тем, что все результаты расчетов хранятся в специальном архиве в виде групп данных. Подробное описание групп данных и правил работы с архивом изложено в справочной системе программы.

#### Шаг 4.

Отредактируйте исходные данные в соответствии с особенностями конструкции Вашего двигателя. Помните, что многооконная оболочка имеет свою встроенную логику: многие окна и поля ввода появляются в том случае, если они предусмотрены выбранными Вами конструкцией двигателя и режимом расчета. В случае затруднений при выборе эмпирических коэффициентов, используйте установки «Мастера настройки ДВС», или обратитесь к программной документации.

Для первого опыта рекомендуется провести расчеты, используя установки Мастера настройки ДВС.

#### Шаг 5.

Кнопка: . Проведите расчет рабочего процесса ДВС. В появившемся окне введите в строку для ввода текста, название расчета, например: «Первый расчет» и нажмите кнопку «Расчет КДВС».

#### Шаг 6.

Результаты расчета можно посмотреть и распечатать в пункте меню «Результаты». Для быстрого вызова некоторых пунктов меню используйте дополнительные кнопки:



- кнопка для просмотра таблиц с интегральными параметрами двигателя.



- кнопка для просмотра графиков с результатами расчета скорости тепловыделения, эмиссии сажи, индикаторной диаграммы, параметров газообмена, характеристик и результатов одномерного сканирования.



- кнопка для визуализации результатов расчета смесеобразования и сгорания в дизеле.

## 5. ПРОВЕДЕНИЕ ИССЛЕДОВАНИЙ

Программа ДИЗЕЛЬ-РК предназначена для проведения расчетных исследований ДВС в широком диапазоне режимов работы. Ниже описаны приемы или характерные последовательности действий, рекомендуемые для проведения некоторых часто встречающихся видов исследований.

В окне «Режимные параметры» задаются параметры, определяющие режим работы ДВС:

- параметры окружающей среды, скорость и высота полета для авиационного ДВС, глубина погружения двигателя подводного аппарата;
- частота вращения, цикловая подача топлива, величины перепуска воздуха и газа регулируемого ТК;
- опорные точки, составляющие нагрузочные, скоростные и др. характеристики двигателя задаются в «Таблице режимов» в нижней части окна.

### Способ расчета рабочего процесса

Для термодинамического расчета рабочего процесса двигателя, цикловая подача топлива может быть определена двумя способами: либо задана явно, либо вычислена через коэффициент избытка воздуха  $\alpha$ .

Явно задавать цикловую подачу топлива рекомендуется в следующих случаях:

- При идентификации математической модели применительно к дизельным двигателям.
- При проведении оптимизационных исследований 4 тактных дизелей.
- При оптимизационных исследованиях 2 тактных дизелей, если это не связано с изменением систем воздухообеспечения и продувки.

Явно задавать коэффициент избытка воздуха рекомендуется в следующих случаях:

- При идентификации математической модели применительно к двигателям с искровым воспламенением.

- При исследовании искровых двигателей, когда имеют место относительно узкие пределы воспламеняемости рабочей смеси.
- При исследовании двухтактных двигателей, когда из-за неудачно выбранных фаз газораспределения или параметров продувки на отдельных итерациях наполнение цилиндра может быть очень низким.
- При исследовании возможностей форсирования двигателя путем увеличения наддува.
- При исследовании зависимости параметров двигателя с изменением параметров окружающей среды, или параметров воздухообеспечения.
- При первоначальных пробных расчетах.

#### **Способ задания потерь во впускном устройстве (до компрессора).**

Потери на впуске могут быть заданы двумя способами. В зависимости от выбора в таблице режимов появятся разные строки для ввода данных.

- Задать явно целесообразно в том случае, когда эти потери известны по результатам испытаний или техническим требованиям. (0.03)<sup>1</sup>
- Вычислить по перепаду давлений целесообразно тогда, когда проводятся исследования влияния параметров окружающей среды на работу ДВС, и заранее нельзя сказать, какова величина потерь на большой высоте и при наличии скоростного напора воздуха.

#### **Способ задания потерь в выхлопной системе (после турбины).**

Потери на выпуске могут быть заданы двумя способами. В зависимости от выбора в таблице режимов появятся разные строки для ввода данных.

- Задать явно целесообразно в том случае, когда эти потери известны по результатам испытаний или техническим требованиям.
- Вычислить по перепаду давлений целесообразно тогда, когда проводятся исследования влияния параметров окружающей среды на работу ДВС, и заранее нельзя сказать, какова величина потерь на большой вы-

---

<sup>1</sup> Здесь и далее в скобках указаны рекомендуемые значения.

соте.

### **Параметры окружающей среды.**

Параметры окружающей среды могут быть заданы двумя способами. В зависимости от выбора в таблице режимов появятся разные строки для ввода данных.

- Задать явно целесообразно в том случае, когда давление и температура известны по результатам испытаний или техническим требованиям.
- Пересчитать, используя скорость и высоту полета. В этом случае необходимо задать давление и температуру на высоте уровня моря, а текущие параметры на выпуске и впуске будут вычислены программно, исходя из условий стандартной атмосферы и скоростного напора на впуске. Данный способ расчета параметров окружающей среды целесообразно использовать для расчета двигателей высотных аппаратов.

Для перевода величины давления в бары из других единиц используются соотношения:

$$P_0 \text{ [бар]} = 1.013 \cdot P_0 \text{ [кг/см}^2\text{]} ;$$

$$P_0 \text{ [бар]} = P_0 \text{ [мм.рт.ст.]} / 750.2 ;$$

$$dP_0 \text{ [бар]} = 0.0001 \cdot S \text{ [мм.вод.ст]} .$$

В зависимости от выбранных выше настроек, а также выбранных способов расчета турбин и компрессоров, вид «Таблицы режимов» будет меняться.

### **5.1. Расчет отдельных режимов и характеристик**

Программа ДИЗЕЛЬ-РК позволяет проводить расчет как отдельных режимов работы двигателя, так и расчет сразу нескольких режимов, образующих характеристику. В последнем случае результаты расчета представляются только в виде графиков характеристик. Выбор расчетных точек осу-

ществляется галочками в верхней строке «Таблицы режимов».

Если выбран только один режим, результаты расчета будут включать:

- - таблицу интегральных параметров двигателя,
- - диаграммы газообмена,
- - диаграммы тепловыделения,
- - индикаторные диаграммы,
- - данные для визуализации развития топливных струй,
- - протокол расчета.

Сканирование и оптимизация возможны только при расчете одного режима работы.

Если выбраны два или более режимов для расчета, то принимается, что задан режим расчета характеристики; при этом результаты расчета будут включать в себя только:

- - набор значений параметров двигателя, которые могут быть отражены в виде графика характеристики,
- - протокол расчета.

При расчете нескольких режимов, сканирование и оптимизация не возможны.

Способы расчета турбин и компрессоров следует задать в окнах настройки турбин и компрессоров, куда можно перейти по ссылке из окна «Режим работы».

В соответствии с выбранной конфигурацией расчета в «Таблице режимов» следует задать параметры рабочего процесса для каждого из рассчитываемых режимов. Справочную информацию и рекомендации по выбору величин тех или иных параметров можно получить из системы контекстной помощи программы, вызываемой кнопкой в нижней части окна. Инструкции по построению графиков изложены в справочной системе программы ДИЗЕЛЬ-РК.

## 5.2. Решение исследовательских задач

Для прогнозирования параметров двигателя при проведении тех или иных конструктивных мероприятий необходимо корректно поставить численный эксперимент. Ниже приведены рекомендации по проведению часто встречающихся расчетных исследований.

### 5.2.1. Выбор параметров наддува для обеспечения требуемой мощности.

Выбор степени повышения давления воздуха в компрессоре  $\pi_k$  для обеспечения требуемой мощности двигателя с одноступенчатым свободным турбонаддувом выполняется в следующей последовательности:

Окно «**Параметры\_КДВС / Режим работы**»

1. Установите переключатель «Способ расчета рабочего процесса» в положение: «По величине коэффициента избытка воздуха при сгорании Alfa». Это позволит для каждой величины давления наддува вычислять свою величину цикловой подачи топлива и далее... свою величину мощности.
2. Установите переключатель «Способ задания потерь во впускном устройстве (до компрессора)» в положение: «Вычислить по перепаду давлений».
3. Установите переключатель «Способ задания потерь в выхлопной системе (после турбины)» в положение: «Вычислить по перепаду давлений».
4. Установите переключатель «Параметры окружающей среды» в положение: «Пересчитать, используя скорость и высоту полета».
5. По ссылке перейдите в окно: «**Турбина высокого давления**», далее в этом окне установите:
  - переключатель «Способ расчета турбины» в положение: «По инте-

гральным параметрам на данном режиме» (функция согласования характеристик требует дополнительных данных о характеристиках турбины и предназначена для опытных пользователей);

- переключатель «Способ вычисления параметров газа перед турбиной» в положение «Вычислить из условия баланса мощности турбины и компрессора». При исследовании влияния  $\pi_k$  на параметры двигателя давление перед турбиной будет вычисляться программой из условия баланса мощностей турбины и компрессора.

Тип газовой турбины и основные параметры ее проточной части устанавливается «Мастером настройки ДВС» при создании файла данных. Редактирование этих данных обосновано лишь в том случае, если имеются соответствующие чертежи турбины.

6. По ссылке перейдите в окно: «**Компрессор высокого давления**», далее в этом окне установите:

- переключатель «Способ расчета компрессора» в положение: «По интегральным параметрам на данном режиме» (функция согласования характеристик требует дополнительных данных о характеристиках компрессора и предназначена для опытных пользователей);

- переключатель «Способ вычисления параметров воздуха после компрессора» в положение «Вычислить по степени повышения давления в компрессоре». При исследовании влияния  $\pi_k$  на параметры двигателя, температура после компрессора будет вычисляться программой по величине  $\pi_k$  и КПД компрессора. Температура на входе в поршневой ДВС будет определяться с учетом охладителя наддувочного воздуха.

7. Выберите в «Таблице режимов» только один режим полной мощности (первый столбец таблицы). Задайте в нем номинальную частоту вращения и другие параметры, пользуясь рекомендациями справочной системы и установками «Мастера настройки ДВС». Для транспортного ДВС с регулируемым наддувом рекомендуется для режима полной мощности задать «Долю ОГ перепускаемых мимо турбины» равной 0,1.



8. Закройте окно кнопкой «ОК».

Окно «Оптимизация / Сканирование».

1. Установите переключатель «Размерность сетки сканирования» в положение «Одномерное сканирование».
2. Выберите на панели «Ось абсцисс» в качестве аргумента сетки сканирования параметр: «Степень повышения давления компрессора ВД агрегата наддува».
3. Появившейся кнопкой « >> » откройте окно « П\_квд » в котором задайте начальное (минимальное) и конечное (максимальное) значения  $\pi_k$ , а также «число точек сканирования» (6...9). Искомое значение  $\pi_k$  должно заведомо лежать внутри диапазона между минимальным и максимальным значением. В случае неудачи, диапазон в дальнейшем можно скорректировать, и сканирование повторить. Закройте окно кнопкой «ОК».
4. Закройте окно «Сканирование» кнопкой «ОК».

Выполните одномерное сканирование, для чего в окне «Расчет / Расчет» нажмите кнопку «Сканирование». В строке «Название расчета» содержится текстовая строка, которая будет помещена во все файлы результатов [может быть опущена]. Эта текстовая строка служит идентификатором группы данных и используется при сохранении данного расчета в архиве расчетов. Подробное описание панелей окна «...Расчет», а также принципы работы архива расчетов и рекомендации по работе с ними приведены в справочной системе программы (См.: п. «Меню «Расчет»»; «Справочное руководство»).

В процессе сканирования в специальное окно выводится таблица успешно проведенных сессий расчета рабочего процесса ДВС в процессе изменения  $\pi_k$  от минимального значения до максимального. Эта таблица будет сохранена как протокол расчета. Вывод этой таблицы и ее печать доступны в окне «Результаты / Протоколы выполнения задания». Обозначения параметров табли-

цы приведены в справочной системе (см. п. «Обозначения»), где они разделены по функциональному признаку.

По окончании сканирования результаты могут быть отображены в виде графика, рис. 5.1. Построение графика осуществляется в окне «Результаты / Результаты одномерного сканирования».

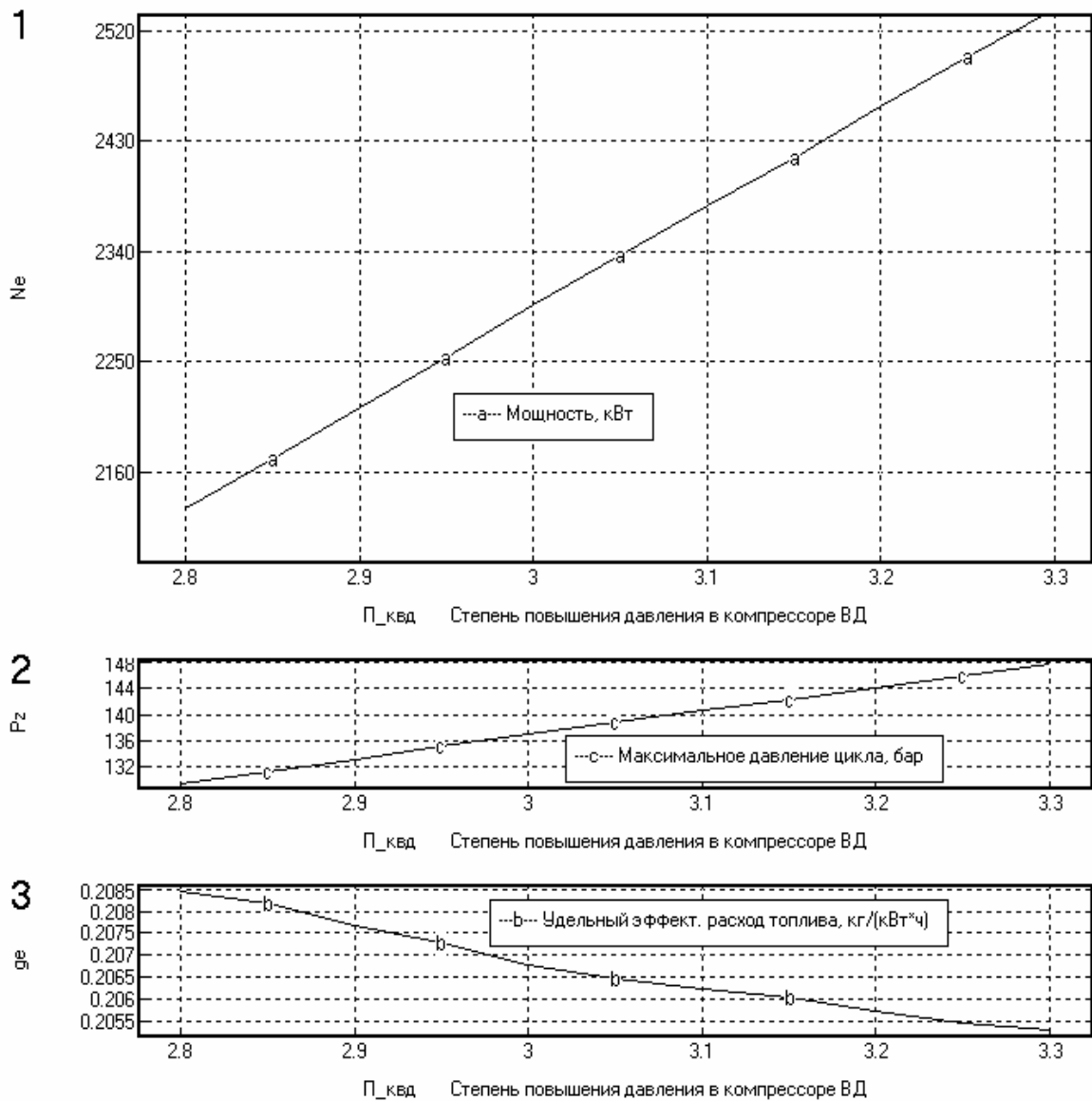


Рис. 5.1. Отображение результатов сканирования в виде графика зависимости параметров тепловозного дизеля Д49 от степени повышения давления в компрессоре.

Рекомендации по построению графиков средствами программы ДИ-

ЗЕЛЬ-РК представлены в справочном руководстве: см. «Меню «Результаты»». По графику №1 рис. 5.1 для требуемой заданием мощности  $N_e$ , определяется необходимая величина  $\pi_k$ . В частности, для мощности 2500 кВт необходимая величина  $\pi_k = 3.25$ .

Зафиксируйте найденные параметры ДВС. Для этого в таблице «Режимные параметры» для режима полной мощности установите степень повышения давления в компрессоре равную 3.25. Закройте окно кнопкой «ОК». Проведите расчет КДВС.

Полученные результаты расчета доступны для анализа и вывода на печать в пункте меню «Результаты». Подробное описание технологии работы с результатами описано в справочной системе программы: см. «Меню «Результаты»». Запишите расчетную величину цикловой подачи топлива  $g_c$  в таблице «Параметры рабочего процесса».

Активизируйте окно «Параметры\_КДВС / Режим работы». Установите в этом окне переключатель «Способ расчета рабочего процесса» в положение: «По величине цикловой подачи топлива», после чего задайте величину цикловой подачи в «Таблице режимов». Закройте окно кнопкой «ОК».

Сохраните файл данных для дальнейших исследований.

### 5.2.2. Оптимизация фаз газораспределения

Оптимизация фаз газораспределения проводится в три этапа, на основании файла данных, полученного в результате предыдущего выбора степени повышения давления воздуха в компрессоре. Исследование проводится:

- - при фиксированной величине цикловой подачи топлива, если исследуется 4 тактный дизель,
- - при фиксированном значении коэффициента избытка воздуха, если исследуется 2 тактный дизель или ДВС с искровым зажиганием.

Для транспортного двигателя исследование фаз газораспределения реко-

мендуется проводить на режиме максимального крутящего момента. Приближенно определить параметры этого режима (индекс  $Me$ ) можно по соответствующим параметрам режима полной мощности (индекс  $Ne$ ).

1. Перепуск газа мимо турбины: 0.

2. Цикловая подача:  $gc_{Me} = gc_{Ne}$ .

3. Частота вращения:  $n_{Me} = 0.67 n_{Ne}$ .

4. Степень повышения давления в компрессоре:

$\pi_{к Me} = 0.77 \pi_{к Ne}$  для двигателей без перепуска ОГ мимо турбины;

$\pi_{к Me} = \pi_{к Ne} - 0.1$  для двигателей с перепуском ОГ мимо турбины.

**Первый этап: выбор угла закрытия впускных клапанов** методом одномерного сканирования.

В качестве аргумента сканирования по оси абсцисс выбирается «Угол окончания впуска». В окне «Кон.впуск», открываемом кнопкой « >> », назначаются: минимальное значение ~20 град. за НМТ и максимальное значение ~55 град. за НМТ; а также число точек сканирования из расчета, чтобы шаг по углу конца впуска составил 4 – 8 градусов.

Выполните одномерное сканирование.

По окончании сканирования, результаты могут быть отображены в виде графика, рис. 5.2. Построение графика осуществляется в окне «Результаты / Результаты одномерного сканирования». Рекомендации по построению графиков средствами программы ДИЗЕЛЬ-РК представлены в справочном руководстве: см. «Меню «Результаты»».

Желательно провести это сканирование как на режиме максимального крутящего момента, так и на режиме полной мощности. В дальнейшем будет показано, что на режиме полной мощности зоны оптимальных фаз газораспределения более узкие, поэтому дальнейшие исследования в рамках курсового и дипломного проектирования можно проводить только для режима полной мощности.

По графику рис. 5.2 определяется оптимальный угол закрытия впуск-

ного клапана ~45 град. за НМТ, соответствующий относительно высокому значению коэффициента наполнения на обоих исследуемых режимах.

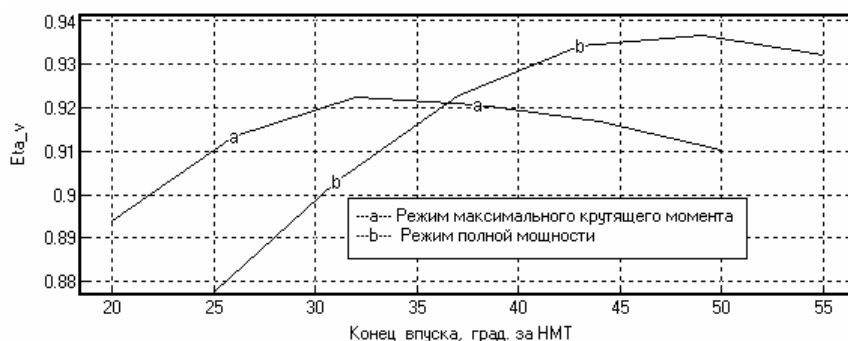


Рис. 5.2. Отображение результатов сканирования в виде графика зависимости коэффициента наполнения транспортного дизеля ЯМЗ-238 от угла окончания впуска.

**Второй этап: выбор угла закрытия выпускных клапанов и угла открытия впускных клапанов** методом двумерного сканирования.

Метод двумерного сканирования выбирается в окне «Оптимизация / Сканирование».

В качестве аргументов сканирования выбираются:

- по оси абсцисс «Угол окончания выпуска»: от 10 до 50 град. за ВМТ;
- по оси ординат «Угол начала впуска»: от 10 до 50 град. до ВМТ.

Количество точек по каждой координате: 5...9. Результаты расчета представляются в виде трехмерного графика зависимости коэффициента наполнения  $\eta_{a_v}$  от аргументов сканирования, рис. 5.3, и в виде семейств изолиний значений коэффициента наполнения и насосных потерь  $P_{nh}$ , рис. 5.4.

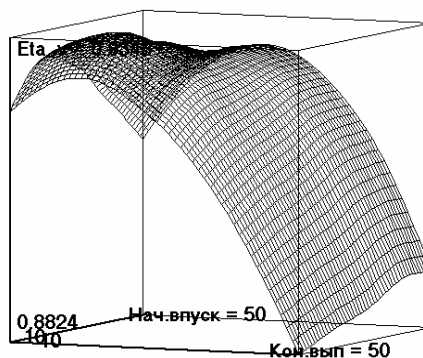


Рис. 5.3. Зависимость коэффициента наполнения  $Eta_v$  от углов окончания выпуска и начала впуска дизеля ЯМЗ-238 на режиме полной мощности.

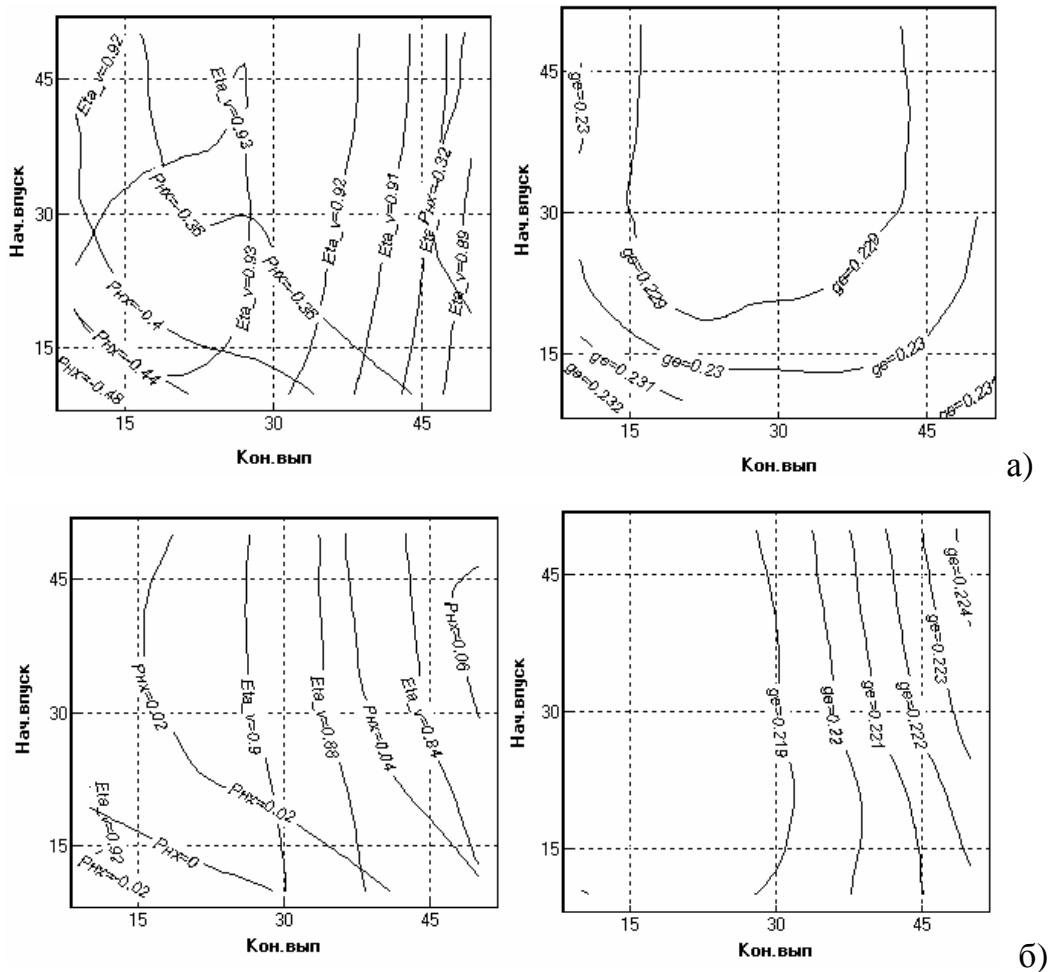


Рис. 5.4. Изолинии коэффициента наполнения  $Eta_v$  и среднего давления насосных ходов  $P_{nx}$ , а также удельного эффективного расхода топлива  $ge$  в координатах изменения углов окончания выпуска и начала впуска дизеля ЯМЗ-238 на режиме полной мощности (а) и на режиме максимального крутящего момента (б).

Анализ расчетных данных показывает, что наилучшие показатели двигателя достигаются при следующих значениях фаз газораспределения:

- угол открытия впуска  $\sim 20$  град. до ВМТ;
- угол закрытия выпуска  $\sim 20$  град. за ВМТ.

При таком перекрытии фаз достигается максимальное наполнение цилиндра, при большем перекрытии хоть насосные потери незначительно уменьшаются, но расход топлива не убывает. Кроме того, в автотракторном дизеле нельзя делать большое перекрытие фаз выпуска и впуска из-за малой величины надпоршневого зазора.

Зафиксируйте эти значения перекрытия фаз в файле данных, в окнах: «Параметры КДВС / Газораспределение в четырехтактном двигателе / Время-сечение впуска» и «.../ Время-сечение выпуска». Сохраните файл данных.

**Третий этап: выбор угла открытия выпускных клапанов** методом одномерного сканирования.

В качестве аргумента сканирования по оси абсцисс выбирается «Угол начала выпуска»: минимальное значение ~30 град. до НМТ и максимальное значение ~90 град. до НМТ; число точек сканирования выбирается из расчета, чтобы шаг составил 4 – 8 градусов.

Выполните одномерное сканирование.

По окончании сканирования, результаты отображаются в виде графиков зависимостей мощности  $N_e$ , среднего индикаторного давления  $P_i$  и давления насосных ходов  $P_{нх}$ , рис. 5.5. Построение графиков осуществляется в окне «Результаты / Результаты одномерного сканирования».

Из анализа графиков рис. 5.5, по величине максимальной мощности выбирается оптимальная величина угла начала выпуска ~ 70 град. до НМТ. При увеличении опережения начала выпуска среднее индикаторное давление уменьшается тем стремительнее, чем больше величина опережения, однако при этом отрицательная работа насосных ходов, затрачиваемая на выталкивание отработавших газов тоже уменьшается. Характер взаимного протекания кривых таков, что их сумма: среднее эффективное давление цикла, от которого зависит мощность, имеет ярко выраженный максимум в районе 70 град. до НМТ. (Входящее в сумму среднее давление механических потерь постоянно в рамках данного исследования). Этот максимум и является зоной

оптимального значения угла начала выпуска. Зафиксируйте найденное значение угла начала выпуска в файле данных и сохраните файл.

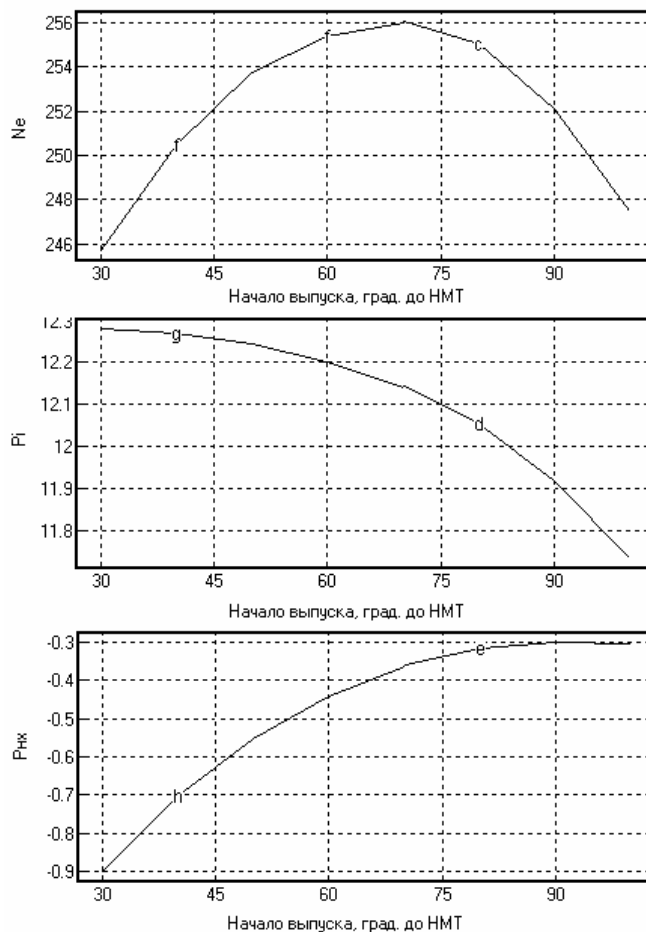


Рис. 5.5. Зависимость мощности  $N_e$ , среднего индикаторного давления  $P_i$  и давления насосных ходов  $P_{nx}$  от величины начала открытия выпускного клапана дизеля ЯМЗ-238 на режиме полной мощности.

Оптимальные фазы газораспределения найдены.

### 5.2.3. Оптимизация степени сжатия и опережения впрыска

От величины степени сжатия и опережения впрыска зависят как расход топлива, так и эмиссия вредных веществ. Выбор рационального сочетания этих параметров позволяет улучшить организацию рабочего процесса ДВС



при наличии ограничения максимального давления впрыска. Оптимизацию величины степени сжатия и опережения впрыска рационально проводить методом двумерного сканирования по этим параметрам.

Задайте пределы изменения степени сжатия от 13 до 19 с таким количеством точек, чтобы шаг составлял 1.

Задайте пределы изменения опережения впрыска от 6 до 18 градусов с таким количеством точек, чтобы шаг составлял 2...3 градуса поворота коленчатого вала.

Выполните двумерное сканирование и постройте зависимости удельного эффективного расхода топлива  $g_e$ , максимального давления цикла  $P_z$ , эмиссии оксидов азота  $NO_x$  и эмиссии твердых частиц  $PM$  от аргументов сетки сканирования, рис. 5.6.

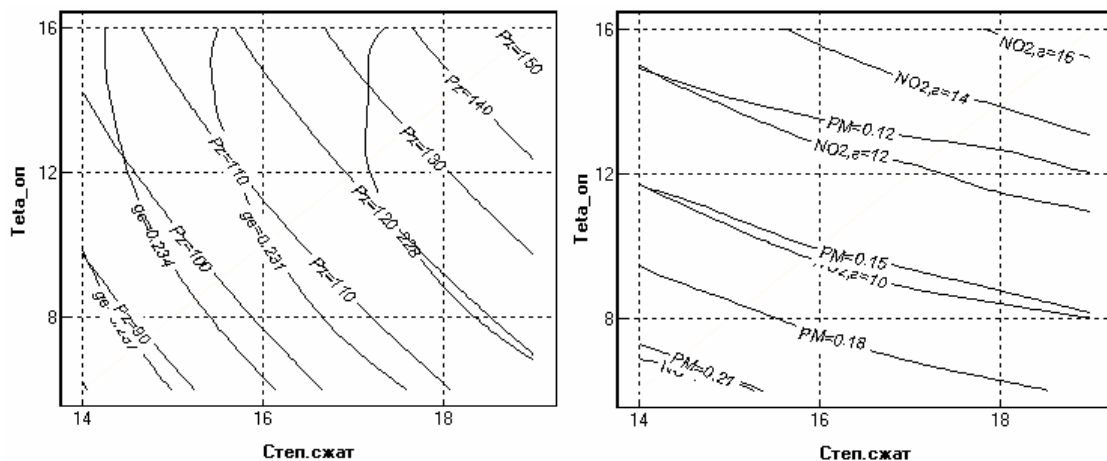


Рис. 5.6. Зависимости удельного эффективного расхода топлива  $g_e$ , максимального давления цикла  $P_z$ , эмиссии оксидов азота  $NO_x$  и эмиссии твердых частиц  $PM$  от степени сжатия и угла опережения впрыска дизеля ЯМЗ-238 на режиме полной мощности.

Анализ полученных расчетных данных показывает, что при ограничении максимального давления цикла  $P_z < 130$  бар, минимальный удельный эффективный расход топлива составляет 228 г/кВтч, при степени сжатия 18 и опережении впрыска 12 град. до ВМТ. При этом имеет место относительно высокий уровень эмиссии оксидов азота и твердых частиц. Изолинии  $NO_x$  и

*PM* протекают почти параллельно, это говорит о том, что невозможно улучшить один показатель, не ухудшив другой, следовательно пути снижения уровня эмиссии вредных веществ следует искать привлекая новые конструктивные решения, в число которых входят другие формы камер сгорания, другие характеристики впрыска, включая многофазный впрыск, изменение конструкции распылителя, рециркуляция ОГ и пр.

#### **5.2.4. Решение сложных оптимизационных задач**

Аппарат двумерного сканирования зачастую не позволяет находить оптимальных решений сложных задач, когда рабочий процесс определяется многими конструктивными факторами, действующими одновременно. Например: форма камеры сгорания; форма характеристики впрыска; диаметр, число и направленность сопловых отверстий; интенсивность вихря; степень сжатия; давление наддува; опережение впрыска; степень рециркуляции ОГ и т.д.

Использование функции многопараметрической оптимизации программного комплекса ДИЗЕЛЬ-РК позволяет решать задачи по оптимальному выбору сразу нескольких параметров рабочего процесса двигателя.

Теория нелинейного программирования не дает ответа на вопрос о том, какие поисковые методы лучше, а какие хуже, поэтому нужно пользоваться несколькими процедурами. Кроме того, в сложной, многомерной задаче экстремумов может быть несколько, и в общем случае нельзя точно ответить на вопрос: какой найден экстремум глобальный или локальный? Задача оптимизации параметров ДВС затрудняется еще и тем обстоятельством, что разные процессы по-разному реагируют на то или иное воздействие, а это может привести к неэффективности применения формального поискового метода в поиске глобального оптимума.

Учитывая вышесказанное, рекомендуется следующая последовательность решения оптимизационных задач в области совершенствования рабо-

чих процессов КДВС.

Основным принципом в предлагаемой методике является принцип физического расщепления всего рабочего процесса на отдельные процессы, для каждого из которых ищется оптимальное сочетание определяющих его факторов.

1. Оптимизация фаз газораспределения (см. п.п. 5.2.2.).

2. Оптимизация сгорания. Исследование проводится при постоянном (фиксированном) значении цикловой подачи топлива. Метод: многопараметрическая оптимизация. Данная стадия расчетного исследования допускает большую свободу действий для пользователя, нежели оптимизация газообмена, в частности, можно исследовать разные формы КС и разные ориентации сопловых отверстий, и т.п. Зачастую независимыми переменными становятся целые комплексы конструктивных параметров, например, размеры, описывающие форму КС. Число независимых переменных (аргументов оптимизации) при этом быстро возрастает. Чтобы учесть технологические возможности и ограничить число независимых переменных оптимального поиска рекомендуется объединять эти совокупности параметров<sup>2</sup> в комплексные аргументы, которые в процессе поиска оптимального решения принимают ряд фиксированных значений. Задача оптимизации в этом случае решается для каждого сочетания комплексных аргументов. Выбор параметров для постановки задачи оптимизации осуществляется в окне «Оптимизация / Оптимизация».

**Целевая функция:**

Выберите: «Удельный эффективный расход топлива».

**Независимые переменные (скалярные аргументы):**

Выберите: «Степень сжатия»  $\epsilon$ ;

«Диаметр сопловых отверстий распылителя»  $d_c$ .

«Продолжительность впрыска»  $\varphi_{впр}$ ;

---

<sup>2</sup> Совокупностью параметров описываются: размеры КС, формы характеристик впрыска, конструкции крышек цилиндра формирующие разные интенсивности вихря.

«Угол опережения впрыска»  $\theta_{\text{опер}}$ ;

«Степень повышения давления компрессора ВД»  $\pi_k$ ;

### **Ограничения:**

Выберите: «Максимальное давление цикла»  $P_z$ ;

«Максимальное давление перед соплами распылителя»  $P_{inj}$ ;

«Удельная эмиссия оксидов азота»  $NO_x$ ;

«Удельная эмиссия твердых частиц»  $PM$ .

### **Методы поиска:**

О выборе методов оптимального поиска следует сказать, что все они должны приводить к решению задачи. Нужно лишь отметить, что для "овражистых" поверхностей отклика целесообразно применять градиентные методы поиска с сопряжением: метод тяжелого шарика, метод Давидона - Флетчера - Пауэлла и др., Хорошо работает метод Розенброка (рекомендуется).

Метод Монте-Карло, сродни многомерному сканированию, только случайным образом делает большое количество пробных расчетов во всей расчетной области, а в протокол заносит лучшие из них. В последствии эти решения целесообразно использовать как стартовые точки для поиска оптимума более строгими методами. Применение метода Монте-Карло особенно эффективно на мощных, высокопроизводительных ЭВМ, на которых программа ДИЗЕЛЬ-РК установлена локально, при этом целесообразно задавать большой «Общий ресурс количества вычислений минимизируемой функции» (1000 и более) расчетных точек. В связи с большими затратами времени ЭВМ, применение метода Монте-Карло в режиме удаленного доступа не поддерживается. Досрочно прервать оптимальный поиск можно, нажав <Ctrl+F10>.

Остальные настройки поисковых процедур оставьте установленными по умолчанию, они описаны в справочной системе программы, и при необходимости могут быть изменены.

Назначьте фиксированный набор комплексных аргументов. Например:

1. Камера сгорания: базовая; крышка цилиндра: базовая; распылитель: 9 x

- 0.39 x 150.
2. Камера сгорания: базовая; крышка цилиндра: базовая; распылитель: 10 x 0.39 x 150.
  3. Камера сгорания: базовая; крышка цилиндра: с увеличенным вихрем; распылитель: 9 x 0.36 x 150.
  4. Камера сгорания: мелкий Гессельман; крышка цилиндра: базовая; распылитель: 9 x 0.39 x 150.
  5. и т.д.

Для каждого набора комплексных аргументов проведите решение оптимизационной задачи для режима полной мощности (и для режима частичной нагрузки). Задачи следует решать разными методами и из разных стартовых точек. Выбирая стартовые точки, следите, чтобы в них не нарушались ограничения. В противном случае, эффективное решение может быть не найдено.

Для систематизации полученных решений, заносите их в таблицу вида:

№	Набор компл. аргументов		Скалярные аргументы					Ограничения				Ф. цели
	КС	Крыш. цил.	$\varepsilon$	$dc$	$\Phi_{впр}$	$\theta_{опер}$	$\pi_k$	$P_z$	$Pin_j$	$NO_x$	$PM$	
1	баз	баз										
2	мел.	баз										
...												

Результирующее решение выбирается методом экспертных оценок, таким образом, чтобы оно было приемлемым как для режима полной мощности, так и для частичного режима.

Для подтверждения полученного решения целесообразно провести серию сканирующих расчетов в окрестностях полученного оптимума.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Мизернюк Г.Н., Кулешов А.С. Методика расчета рабочего процесса КДВС на ЭВМ. // Известия ВУЗов.Машиностроение. 1986. № 6. с.97-101.
2. Варгафтик Н.Б. Справочник по теплофизическим свойствам газов и жидкостей. М.: Наука, 1972. - 720 с.
3. Двигатели внутреннего сгорания. Теория поршневых и комбинированных двигателей / Д.Н.Вырубов, Н.А.Иващенко, В.И.Ивин и др. М.: Машиностроение, 1983. - 272 с.
4. Масленников М.М., Рапипорт М.С. Авиационные поршневые двигатели // Гос. Изд-во Оборон. Пром.: М., 1951 г. 848 с.
5. Woschni G. Die Berechnung der Wandeverluste und der thermischen Belastung der Bauteile von Dieselmotoren // MTZ.-1970.-N12. S.491.
6. Теория двигателей внутреннего сгорания. Под ред. Н.Х.Дьяченко. Л., Машиностроение, 1974, 552 с.
7. 3. Поспелов Д.Р. Двигатели внутреннего сгорания с воздушным охлаждением. М: Машиностроение, 1961, 556 с.
8. Вибе И.И. Новое о рабочем цикле двигателей.- М.: Машгиз, 1962. 272 с.
9. Разлейцев Н.Ф. Моделирование и оптимизация процесса сгорания в дизелях. —Харьков: Вища школа, 1980. -169с.
10. Woschni G., Anisitis F. Eine Methode zur Vorausberechnung der Änderung des Breunverlaufs mittelschnelllaufender Dieselmotoren bei geränderten Betriebsbedingungen // MTZ.- 1973.- 34.- №4.S.106.
11. Dauaud A.M. Eyzat P. Four-Oktane-Number Method for Predicting the Anti-Knock Behavior of Fuels and Engines.- SAE Transactions, 1978, vol.87, Sec.1, pap.780080, p.294-308.
12. Звонов В.А. Токсичность двигателей внутреннего сгорания. - М.: Машиностроение, 1973. – 200 с.
13. Зельдович Я.Б., Райзер Ю.П. Физика ударных волн и высокотемпературных гидродинамических явлений. М.: Наука, 1966. – 686 с.
14. Симсон А.Э., Каминский А.И., Моргулис П.С. Турбонаддув высокооборот-

- ных дизелей.-Л.,Машиностроение,1976.-288 С.
- 15.Симсон А.Э. Исследование импульсных систем газотурбинного наддува // Двигатели внутреннего сгорания.-Харьков, 1972.-вып.15.с.94.
  - 16.Мизернюк Г.Н., Кулешов А.С. Методика расчета совместной работы четырехтактного дизеля и двухступенчатого агрегата наддува // Двигателестроение.- 1986.- №7.- С. 9 - 11.
  - 17.Таланов Л.В. Высотные двигатели. Л.: Госмашметиздат, 1934. 270с.
  - 18.О кумулятивном механизме развития высоконапорной топливной струи // В.К.Баев, А.А.Бузуков, А.Н.Бажайкин и др. // Двигателестроение. -1981.- №2.- С. 8-10.
  19. Alkidas A.C. Relationship between smoke measurements and particulate measurements. SAE Techn. Pap. Ser., 1984, N 840412, 9p.