

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Санкт-Петербургский государственный технологический институт
(технический университет)»
(СПбГТИ(ТУ))

Кафедра систем автоматизированного проектирования и управления

Л.В. Гольцева, А.В. Козлов, Н.В. Романов



АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ

КОНТРОЛЬНЫЕ РАБОТЫ

Методические указания к выполнению контрольных работ
для студентов заочной формы обучения
направления подготовки «Химическая технология»

Санкт–Петербург
2015

Гольцева, Л. В. Автоматизированное проектирование. Контрольные работы : методические указания к выполнению контрольных работ для студентов заочной формы обучения направления подготовки «Химическая технология» / Л.В. Гольцева, А.В. Козлов, Н.В. Романов. – СПб. : СПбГТИ(ТУ), 2015. – 55 с.

В методические указания включены контрольные работы по основным разделам дисциплины «Автоматизированное проектирование», предназначенные для изучения принципов создания комплекса средств автоматизированного проектирования, включающие разделы проектирования математического, информационного обеспечения. По каждому разделу приведены контрольные задания с примерами их решения.

Методические указания предназначены для студентов заочной формы обучения по направлению подготовки 240100 «Химическая технология» и формируют у студентов следующие профессиональные компетенции (ПК):

- освоение методики использования программных средств для решения практических задач (ПК-2);
- умение разрабатывать модели компонентов информационных систем, включая модели баз данных (ПК-4);
- умение разрабатывать компоненты программных комплексов и баз данных, использовать современные инструментальные средства и технологии программирования (ПК-5).

Ил. 36, табл. 5, библиогр. 6 назв.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	4
1 Контрольная работа № 1. Разработка математической модели кинетики химических реакций.....	5
Задание к контрольной работе № 1.....	11
2 Контрольная работа № 2. Разработка информационного обеспечения САПР.....	21
Задание к контрольной работе № 2.....	42
3 Контрольная работа № 3. 3D-моделирование в среде «Компас-3D»	43
Задание к контрольной работе № 3.....	43

ВВЕДЕНИЕ

В методических указаниях приведены 3 контрольные работы. Студенту необходимо представить отчёт со *всеми тремя* контрольными работами, выполненными в соответствии с данными методическими указаниями. Номер варианта формируется согласно последней цифре зачетной книжки. Если последняя цифра равна нулю, то номер варианта – 10. В таблице 1 приведены номера вариантов, составленные по этому принципу.

Таблица 1 – Номера вариантов для выполнения контрольных работ

Последняя цифра зачётной книжки	Номер варианта
1	1
2	2
3	3
4	4
5	5
6	6
7	7
8	8
9	9
0	10

Отчёт о выполненных контрольных работах должен включать: титульный лист, условие задачи и подробную процедуру решения, аналогично тому, как это представлено в примерах выполнения работ. Во время защиты отчёта студент должен уметь обосновать представленное в отчёте решение. На титульном листе отчёта о выполнении контрольных работ необходимо указать фамилию, имя и отчество студента, номер учебной группы, номер варианта.

1 КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА № 1

ТЕМА: РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ КИНЕТИКИ ХИМИЧЕСКИХ РЕАКЦИЙ

Описание химических реакций – один из основных модулей при моделировании ХТП, который включает в себя:

- описание стехиометрии;
- описание кинетики, то есть скорости образования и расходования компонентов реакционной системы в различных условиях проведения процесса;
- описание порядка и молекулярности реакций.

В работе осуществляется синтез модели по заданному механизму реакций и решение прямой кинетической задачи для динамического и статического режимов. На базе модели проводится исследование влияния различных параметров на выход целевых и побочных продуктов, расчет рабочего объема реактора.

Исследования проводятся в среде MathCad.

Изменение содержания вещества в химических реакторах происходит в результате его переноса за счет движения реакционной массы и химических реакций. Математическое описание химических реакций складывается из описания:

- стехиометрии;
- кинетики;
- порядка и молекулярности реакций.

1.1 Описание стехиометрии химических реакций

Стехиометрическое уравнение химической реакции представляет собой краткое выражение материального баланса химических реакций.

В общем виде стехиометрическое уравнение простой химической реакции может быть записано в следующем виде:

$$\sum_{j=1}^n \alpha_j \cdot A_j. \quad (1.1)$$

Этот способ записи стехиометрии можно распространить на процессы с несколькими одновременно протекающими реакциями:

$$\sum_{j=1}^n \alpha_{ij} \cdot A_j = 0, \quad i = 1, 2, \dots, r, \quad (1.2)$$

где i – номер реакции, $i=1,2,\dots,r$;
 α_{ij} – стехиометрический коэффициент j -го компонента в i -ой реакции;
 $\alpha_{ij} > 0$ – при образовании компонента;
 $\alpha_{ij} < 0$ – при расходовании компонента;
 $\alpha_{ij} = 0$ – при отсутствии компонента в реакции;
 r – число реакций заданного механизма;
 A_j – вектор-столбец реагирующих компонентов, $j=1,n$.

Система уравнений химических реакций может быть получена автоматически, путём умножения вектор - столбца символов веществ A_j на матрицу стехиометрических коэффициентов.

Задание механизма химических реакций с помощью матрицы стехиометрических коэффициентов обеспечивает возможность, при необходимости, гибкого её изменения.

Пример 1.1

Составить стехиометрическое уравнение для механизма реакций:



Обозначим: A_1 - CH_3OH ; A_2 - CO ; A_3 - H_2 ; A_4 - CO_2 ; A_5 - H_2O .

Стехиометрические коэффициенты имеют следующие значения:

$\alpha_{11}=1$; $\alpha_{12}=-1$; $\alpha_{13}=-2$; $\alpha_{14}=0$; $\alpha_{15}=0$; $\alpha_{21}=0$; $\alpha_{22}=1$; $\alpha_{23}=-1$; $\alpha_{24}=-1$; $\alpha_{25}=1$.

С учётом этого стехиометрические уравнения записываются следующим образом:

$$\begin{aligned} 1 \cdot A_1 - 1 \cdot A_2 - 2 \cdot A_3 + 0 \cdot A_4 + 0 \cdot A_5 &= 0 \\ 0 \cdot A_1 + 1 \cdot A_2 - 1 \cdot A_3 - 1 \cdot A_4 + 1 \cdot A_5 &= 0 \end{aligned}$$

или в общем виде:

$$\sum_{j=1}^5 \alpha_{ij} A_j = 0, \quad i=1,2.$$

Матрица стехиометрических коэффициентов $|\alpha|$ имеет вид:

$$|\alpha| = \begin{array}{ccccc} & A_1 & A_2 & A_3 & A_4 & A_5 \\ \begin{array}{l} (1) \\ (2) \end{array} & \left| \begin{array}{ccccc} 1 & -1 & -2 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & -1 & -1 & 1 \end{array} \right| \end{array}$$

1.2 Описание кинетики

Кинетика химических реакций – учение о химических процессах, о законах их протекания во времени, скоростях и механизмах. Основным понятием химической кинетики является скорость химической реакции g_r , которая определяется как число молекул (или грамм-молекул), реагирующих в единицу времени, в единице объёма или на единице поверхности.

Скорость реакции w_r в единице объёма, моль/(м³·с):

$$w_r = -\frac{1}{V} \cdot \frac{dN_j}{dt}, \quad (1.4)$$

где V – объём реакционной массы;

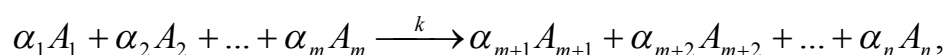
N_j – число молей j -го компонента (или грамм-моль).

Для $V=\text{const}$ можно записать скорость химической реакции через концентрации компонента C :

$$w_r = -\frac{d(N_j/V)}{dt} = \frac{dC_j}{dt}, \quad (1.5)$$

Для вывода уравнения скорости химической реакции используется закон действующих масс (основной постулат химической кинетики).

Если в реагирующей системе протекает реакция в соответствии со следующим стехиометрическим уравнением:



то в соответствии с законом действующих масс скорость элементарной химической реакции пропорциональна концентрациям реагирующих веществ в степенях, равных их стехиометрическим коэффициентам, то есть в уравнении скорости реакции сомножителями являются концентрации вещества A_j , у которых стехиометрические коэффициенты отрицательны. Количество одновременно вступающих в реакцию компонентов не может превышать трех, $m_i \leq 3$.

$$w_{ri} = k_i \cdot \prod_{j=1}^{m_i} C_{A_j}^{|\alpha_{ij}|}, \quad i=1,2,\dots,r, \quad \text{для } \alpha_{ij} < 0 \quad (1.6)$$

Если при моделировании химических реакций не удаётся получить уравнение элементарной химической реакции и приходится использовать суммарные стехиометрические уравнения нескольких элементарных реакций (формальные), то показатели степени в кинетическом уравнении определяются экспериментально, а не из стехиометрического уравнения:

$$w_{ri} = k_i \cdot \prod_{j=1}^{m_i} C_{A_j}^{p_{ij}}, \quad (1.7)$$

где m_i – количество реагирующих компонентов в i -ой реакции;

k_i – константа скорости i -ой реакции;

p_{ij} – экспериментально определяемые показатели степени для j -го компонента в i -ой реакции. Значения p_{ij} могут быть равны стехиометрическим коэффициентам, а могут – и отличаться от них. Они являются частными порядками j -го компонента в i -ой реакции.

Матрица частных порядков для механизма химических реакций (1.3) имеет вид:

$$P = \begin{array}{ccccc} A_1 & A_2 & A_3 & A_4 & A_5 \\ \left| \begin{array}{ccccc} 0 & 1 & 2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 0 \end{array} \right| & (1) \\ & & & & (2) \end{array}$$

Пример 1.2

Составить кинетические уравнения для скоростей реакций (1.3).

На основании закона действующих масс и с учётом принятых в примере 1 обозначений имеем:

$$w_{ri} = k_i \cdot \prod_{j=1}^{m_i} C_{A_j}^{|\alpha_{ij}|}, \quad i=1,2; \quad (1.8)$$

$$w_{r_1} = k_1 \cdot C_{CO} \cdot C_{H_2}^2 = k_1 \cdot C_{A_2} \cdot C_{A_3}^2;$$

$$w_{r_2} = k_2 \cdot C_{CO_2} \cdot C_{H_2} = k_2 \cdot C_{A_3} \cdot C_{A_4}$$

1.3 Порядок и молекулярность химической реакции

Для математического описания порядка вводятся два понятия - порядок реакции и частный порядок по компоненту.

Порядок реакции – это сумма показателей степеней кинетического уравнения скорости химической реакции.

Если скорость химической реакции определяется по уравнению

$$w_r = k_i \cdot \prod_{j=1}^{m_i} C_{A_j}^{|\alpha_j|},$$

то порядок реакции

$$n = \sum_{j=1}^{m_i} |\alpha_j|.$$

Для нескольких одновременно протекающих реакций определяется порядок для каждой реакции:

$$n_i = \sum_{j=1}^{m_i} |\alpha_{ij}|. \quad i=1,2,\dots,r. \quad (1.9)$$

Следует отметить, что порядок реакции при практическом моделировании определяется часто экспериментально, так как не всегда удаётся описать элементарные стадии химических реакций, для которых справедлив закон действия масс. Отсюда не удаётся вычислить порядок непосредственно из стехиометрического уравнения, но в любом случае порядок определяется как сумма показателей степеней кинетического уравнения:

$$w_{ri} = k_i \cdot \prod_{j=1}^{m_i} C_{A_j}^{p_{ij}}, \quad (1.10)$$

$$n_i = \sum_{j=1}^{m_i} p_{ij}.$$

Частный порядок p_{ij} определяется по отдельному исходному реагенту и равен показателю степени этого реагента в уравнении кинетики. При соблюдении закона действия масс

$$p_{ij} = \alpha_{ij}$$

Порядок реакции определяет размерность константы скорости реакции:

$$w_{ri} = k_i \prod_{j=1}^{m_i} C_{A_j}^{p_{ij}},$$

$$[\text{моль/м}^3 \cdot \text{с}] = [?] \prod_{j=1}^{m_i} [\text{моль/м}^3]^{p_{ij}}$$

Например,

$$\text{для } n=1, [\text{моль/м}^3 \cdot \text{с}] = [?] [\text{моль/м}^3];$$

$$[k] = [1/\text{с}];$$

$$\text{для } n=2, [\text{моль/м}^3 \cdot \text{с}] = [?] [(\text{моль/м}^3)^2];$$

$$[k] = [\text{м}^3/\text{моль} \cdot \text{с}].$$

Молекулярность химической реакции определяется как число молекул одновременно вступающих в элементарную стадию химических превращений. Для одной элементарной стадии молекулярность и порядок совпадают.

Имеются понятия мономолекулярной реакции, когда в реакцию вступает одна молекула какого-либо вещества; бимолекулярной – две молекулы; тримолекулярной – три молекулы. Реакции с молекулярностью больше трёх практически не встречаются, так как вероятность столкновения более трёх молекул ничтожна. Молекулярность – только целое число.

1.4 Описание скоростей изменения концентраций компонентов

При описании скоростей сложных реакций с многокомпонентными смесями наряду с законом действия масс используется принцип независимости реакций, заключающийся в том, что скорость любой реакции не зависит от того, протекают ли в системе ещё какие-либо реакции.

Используя стехиометрические уравнения (1.2) и принцип независимости реакций, можно записать скорость образования или расходования любого компонента в системе, g_j^R , моль/(м³·с):

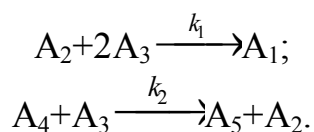
$$\frac{dC_j}{dt} = g_j^R = \sum_{i=1}^r w_{ri} \alpha_{ij} \quad (1.11)$$

или с учётом уравнения (3.10) скорости химической реакции:

$$g_j^R = \sum_{i=1}^r \alpha_{ij} \cdot \prod_{j=1}^{m_i} k_i C_j^{p_{ij}}; \quad j=1,2,\dots,n, \quad (1.12)$$

Пример 1.3

Записать кинетические уравнения для компонентов, участвующих в химических реакциях (1.3):



Система уравнений для данного примера имеет вид:

$$g_j^R = \sum_{i=1}^2 \alpha_{ij} \cdot \prod_{j=1}^{m_i} k_i C_j^{p_{ij}}; \quad j=1,2,\dots,5.$$

Принимаем, что реакции описываются законом действующих масс:

$$g_j^R = \sum_{i=1}^2 \alpha_{ij} \cdot w_{ri} \quad j=1,2,\dots,5.$$

С учётом (3.8) и принятых в примерах 3.1, 3.2 обозначений и выражений запишем уравнения изменения концентраций компонентов для *закрытого* реактора:

$$\begin{aligned}\frac{dC_{A_1}}{dt} &= g_{A_1}^R = w_{r_1}; \\ \frac{dC_{A_2}}{dt} &= g_{A_2}^R = -w_{r_1} + w_{r_2}; \\ \frac{dC_{A_3}}{dt} &= g_{A_3}^R = -2w_{r_1} - w_{r_2}; \\ \frac{dC_{A_4}}{dt} &= g_{A_4}^R = -w_{r_2}; \\ \frac{dC_{A_5}}{dt} &= g_{A_5}^R = w_{r_2};\end{aligned}$$

где $w_{r_1} = k_1 C_{A_2} C_{A_3}^2$; $w_{r_2} = k_2 C_{A_4} C_{A_3}$,

при заданных начальных условиях: при $t=0$ концентрации $C_{A_j} = C_{A_j}^{нач}$, $j=1, n$.

Для *открытого* (проточного) реактора необходимо учесть структуру гидродинамики потоков в аппарате, его объем, расход реакционной массы и входные концентрации компонентов. Так, для аппарата *идеального* смешения при тех же начальных условиях:

$$\frac{dC_{A_j} \cdot V}{dt} = G \cdot C_{A_j}^{ex} - G \cdot C_{A_j} + \alpha_{ij} \cdot \sum_{i=1}^r w_{r_i}; \quad j=1, n; \quad i=1, r;$$

$\tau = V/G$;

тогда

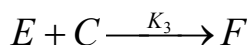
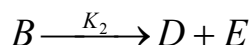
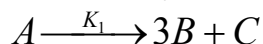
$$g_{A_j}^R = \frac{dC_{A_j}}{dt} = 1/\tau \cdot (C_{A_j}^{ex} - C_{A_j}) + \alpha_{ij} \cdot \sum_{i=1}^r w_{r_i}; \quad j=1, n; \quad i=1, r.$$

1.5 Задание к контрольной работе № 1

Построение динамической ММ на основании заданного механизма и кинетических констант в среде MathCad и исследование в соответствии с заданным вариантом задания. Необходимо привести матрицы стехиометрических коэффициентов, матрицы частных порядков реакций по компонентам, уравнения скоростей реакций, систему дифференциальных уравнений. Проведите вычислительный эксперимент. Получите таблицы и графики изменения концентраций компонентов. На основании полученных результатов сделайте вывод о влиянии варьируемых параметров на выходные характеристики и расчет объема реактора.

Задание 1

В реакторе периодического действия протекает процесс получения продукта «В», для которого предложен следующий механизм реакций:



Разработать математическую модель кинетики процесса и получить решение при следующих условиях:

- интервал времени $\tau = 50$ мин; шаг по времени $\Delta t = 1$ мин;
- начальные концентрации $C_{OA} = 0,600$ моль/л;
- предэкспоненциальные множители:
 $k_{0i} = \{0,2 \cdot 10^{16} \text{ 1/мин}; 9 \cdot 10^{15} \text{ 1/мин}; 0,5 \cdot 10^{14} \text{ л/(моль} \cdot \text{мин)}\}$;
- энергия активации $E_1 =$ не является постоянной величиной и зависит от активности катализатора, $E_2 = 92$ кДж/моль, $E_3 = 85$ кДж/моль;
- температура $T = 5^\circ\text{C}$.

Оценить влияние на выход целевого компонента:

а) Начальных концентраций компонентов:

$$C_{OA} = 0,900 \text{ моль/л};$$

б) Температуры реакции: $T = -3^\circ\text{C}$; $T = 0^\circ\text{C}$;

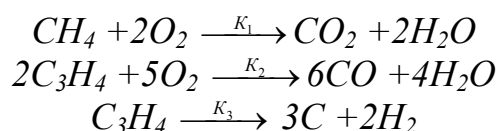
в) Активности катализатора: АК = 80 %.

Определить время пребывания $\tau_{\text{опт}}$, обеспечивающее максимально возможный выход целевого продукта для всех вариантов исследования процесса при условии, что на выходные параметры установлено следующее ограничение: степень превращения исходного компонента A должна быть более 80% от начальной.

Рассчитать рабочие объемы реактора (для каждого V для производительности аппарата $G = 200$ л/мин: $V = \tau_{\text{опт}} \cdot G$). Выбрать оптимальное значение рабочего объема V .

Вариант 2

В сажевом реакторе непрерывного действия идеального смешения протекает процесс, механизм которого представлен в следующем виде:



Разработать математическую модель кинетики процесса и получить решение при следующих условиях:

- интервал времени $\tau = 100$ мин; шаг по времени $\Delta t = 2$ мин;
- начальные концентрации исходных реагентов: $C_{CH_4} = 5$ Кмоль/м³;
 $C_{O_2} = 6$ Кмоль/м³; $C_{C_3H_4} = 10$ Кмоль/м³;

Константы скорости реакций: $K_1 = 1 \text{ м}^3/(\text{Кмоль} \cdot \text{мин})$; $K_2 = 7 \text{ м}^3/(\text{Кмоль} \cdot \text{мин})$; $K_3 = 0,1 \text{ 1/мин}$.

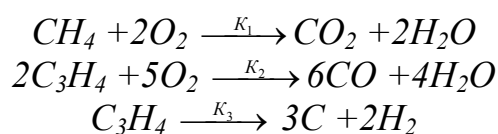
Частные порядки по компонентам во всех реакциях равны единице.

Объем реактора $V = 5 \text{ м}^3$. Расход реакционной массы $G = 0,18 \text{ м}^3/\text{мин}$.

Определить режим, обеспечивающий максимальный выход сажи (C_c), изменяя расход реакционной массы в диапазоне от 0.15 до 0.25 $\text{м}^3/\text{мин}$. и концентрацию кислорода от 5 до 8 $\text{Кмоль}/\text{м}^3$. Выбрать оптимальное значение рабочего объема V .

Вариант 3

В сажевом реакторе периодического действия идеального смешения протекает процесс, механизм которого представлен в следующем виде:



Разработать математическую модель кинетики процесса и получить решение при следующих условиях:

- интервал времени $\tau = 100 \text{ мин}$; шаг по времени $\Delta t = 2 \text{ мин}$;

- начальные концентрации исходных реагентов: $C_{\text{CH}_4} = 5 \text{ Кмоль}/\text{м}^3$;

$C_{\text{O}_2} = 6 \text{ Кмоль}/\text{м}^3$; $C_{\text{C}_3\text{H}_4} = 10 \text{ Кмоль}/\text{м}^3$;

Константы скорости реакций: $K_1 = 1 \text{ м}^3/(\text{Кмоль} \cdot \text{мин})$; $K_2 = 7 \text{ м}^3/(\text{Кмоль} \cdot \text{мин})$;

$K_3 = 0,1 \text{ 1/мин}$.

Частные порядки по компонентам во всех реакциях равны единице.

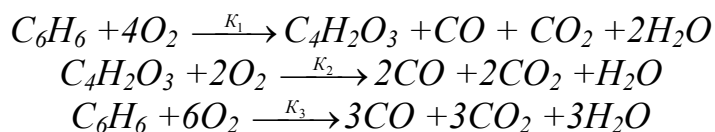
Определить время пребывания $\tau_{\text{опт}}$, обеспечивающее максимально возможный выход сажи (C_c) при условии, что концентрация кислорода изменяется от 5 до 8 $\text{Кмоль}/\text{м}^3$.

Рассчитать рабочий объем реактора V для производительности аппарата $G = 0,2 \text{ м}^3/\text{мин}$.

$$V = \tau_{\text{опт}} \cdot G$$

Вариант 4

В периодическом реакторе идеального смешения происходит окисление бензола C_6H_6 до малеинового ангидрида $\text{C}_4\text{H}_2\text{O}_3$ по следующему механизму:



Разработать математическую модель кинетики процесса и получить решение при следующих условиях:

- интервал времени $\tau = 100$ мин; шаг по времени $\Delta t = 1$ мин;
- начальные концентрации $C_{C_6H_6} = 0,9$ моль/л; $C_{O_2} = 1,2$ моль/л;
- предэкспоненциальные множители:

$K_{oi} = \{920; 160; 58\}$ л/(моль·мин);

- энергия активации $E_1=15000$ Дж/моль, $E_2=13000$ Дж/моль, $E_3=9900$ Дж/моль;

- температура $T = 100^\circ C$.

Частные порядки по компонентам во всех реакциях равны единице.

Оценить влияние на выход целевого компонента:

а) Начальных концентраций компонентов

$C_{O_2} = 1,5$ моль/л;

б) Температуры реакции $T = 120^\circ C$; $T = 140^\circ C$.

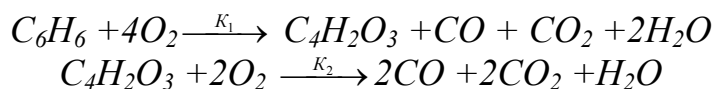
Определить время пребывания τ_{opt} , обеспечивающее максимально возможный выход целевого продукта для всех вариантов исследования процесса.

Рассчитать рабочий объем реактора V для производительности аппарата $G = 200$ л/мин.

$$V = \tau_{opt} \cdot G$$

Вариант 5

В периодическом реакторе идеального смешения происходит окисление бензола C_6H_6 до малеинового ангидрида $C_4H_2O_3$ по следующему механизму:



Разработать математическую модель кинетики процесса и получить решение при следующих условиях:

- интервал времени $\tau = 100$ мин; шаг по времени $\Delta t = 1$ мин;
- начальные концентрации $C_{C_6H_6} = 0,9$ моль/л; $C_{O_2} = 1,2$ моль/л;
- предэкспоненциальные множители:

$K_{oi} = \{920; 160; 58\}$ л/(моль·мин);

- энергия активации $E_1=15000$ Дж/моль, $E_2=13000$ Дж/моль, $E_3=9900$ Дж/моль;

- температура $T = 100^\circ C$.

Частные порядки по компонентам во всех реакциях равны единице.

Оценить влияние на выход целевого компонента:

а) Начальных концентраций компонентов:

$C_{O_2} = 1,0$ моль/л;

б) Температуры реакции: $T=120^\circ C$; $T=140^\circ C$.

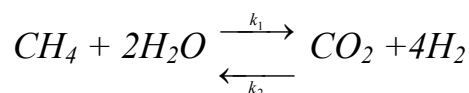
Определить время пребывания τ_{opt} , обеспечивающее максимально возможный выход целевого продукта для всех вариантов исследования процесса.

Рассчитать рабочий объем реактора V для производительности аппарата $G = 200$ л/мин.

$$V = \tau_{opt} \cdot G$$

Вариант 6

В периодическом реакторе идеального смешения происходит получение водорода из исходных реагентов метан/водяной пар по следующему механизму:



Разработать математическую модель кинетики процесса и получить решение при следующих условиях:

- интервал времени $\tau = 100$ мин; шаг по времени $\Delta t = 1$ мин;
- начальные концентрации $C_{\text{CH}_4} = 1,0$ моль/л; $C_{\text{H}_2\text{O}} = 1,0$ моль/л;
- предэкспоненциальные множители: $K_{01} = 2 \cdot 10^5$; $K_{02} = 3 \cdot 10^6$;
- энергия активации $E_1 = 124100$ Дж/моль, $E_2 = 180000$ Дж/моль;
- температура $T = 1100$ К.

Частные порядки по компонентам во всех реакциях равны единице.

Оценить влияние на выход целевого компонента:

- изменения концентрации метана от 1 до 5 моль/л;
- изменения температуры реакции от $T = 900$ К до $T = 1400$ К.

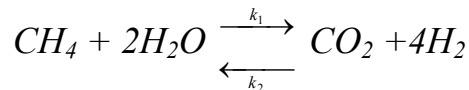
Определить время пребывания $\tau_{\text{опт}}$, обеспечивающее максимально возможный выход целевого продукта для всех вариантов исследования процесса.

Рассчитать рабочий объем реактора V для производительности аппарата $G = 200$ л/мин.

$$V = \tau_{\text{опт}} \cdot G$$

Вариант 7

В непрерывном реакторе идеального смешения происходит получение водорода из исходных реагентов метан/водяной пар по следующему механизму:



Разработать математическую модель кинетики процесса и получить решение при следующих условиях:

- интервал времени $\tau = 100$ мин; шаг по времени $\Delta t = 1$ мин;
- начальные концентрации $C_{\text{CH}_4} = 1,0$ моль/л; $C_{\text{H}_2\text{O}} = 1,0$ моль/л;
- предэкспоненциальные множители: $K_{01} = 2 \cdot 10^5$; $K_{02} = 3 \cdot 10^6$;
- энергия активации $E_1 = 124100$ Дж/моль, $E_2 = 180000$ Дж/моль;
- температура $T = 1100$ К.

Время пребывания реагентов в реакторе составляет 20 минут.

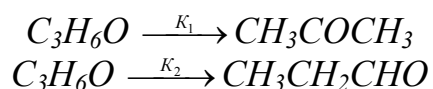
Частные порядки по компонентам во всех реакциях равны единице.

Оценить влияние на выход целевого компонента:

- изменения концентрации метана от 1 до 5 моль/л
- изменения температуры реакции от $T = 900 \text{ K}$ до $T = 1400 \text{ K}$.

Вариант 8

В газофазном реакторе непрерывного действия происходит процесс получения ацетона (CH_3COCH_3) из окиси пропилена ($\text{C}_3\text{H}_6\text{O}$) по следующему механизму:



Разработать математическую модель кинетики процесса и получить решение при следующих условиях:

- объем аппарата составляет 1 м^3 ; расход реагентов – $0,05 \text{ м}^3/\text{мин}$;
- интервал времени $\tau = 100 \text{ мин}$; шаг по времени $\Delta t = 1 \text{ мин}$;
- начальная концентрация $C_{\text{C}_3\text{H}_6\text{O}} = 1,0 \text{ Кмоль}/\text{м}^3$;
- предэкспоненциальные множители: $K_{01} = 2$; $K_{02} = 2$;
- энергия активации $E_1 = 20000 \text{ Дж}/\text{моль}$, $E_2 = 24000 \text{ Дж}/\text{моль}$;
- температура $T = 700 \text{ K}$.

Частные порядки по компонентам в реакциях равны единице.

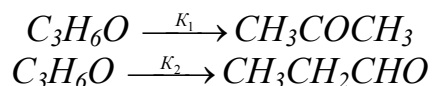
Оценить влияние на выход целевого компонента:

- изменения температуры в реакторе от 700 до 1000 K с шагом 100 K;
- изменения объема реактора от 1 до 3 м^3 .

Выбрать наилучший вариант проведения процесса с точки зрения получения максимального выхода целевого продукта.

Вариант 9

В периодическом реакторе идеального смешения происходит процесс получения ацетона (CH_3COCH_3) из окиси пропилена ($\text{C}_3\text{H}_6\text{O}$) по следующему механизму:



Разработать математическую модель кинетики процесса и получить решение при следующих условиях:

- интервал времени $\tau = 100 \text{ мин}$; шаг по времени $\Delta t = 1 \text{ мин}$;
- начальная концентрация $C_{\text{C}_3\text{H}_6\text{O}} = 1,0 \text{ Кмоль}/\text{м}^3$;
- предэкспоненциальные множители: $K_{01} = 2$; $K_{02} = 2$;
- энергия активации $E_1 = 20000 \text{ Дж}/\text{моль}$, $E_2 = 24000 \text{ Дж}/\text{моль}$;
- температура $T = 700 \text{ K}$.

Частные порядки по компонентам в реакциях равны единице.

Оценить влияние на выход целевого компонента:

- изменения концентрации окиси пропилена от 1 до 5 моль/ м^3 ;

- изменения температуры реакции от $T = 500 \text{ K}$ до $T = 900 \text{ K}$.

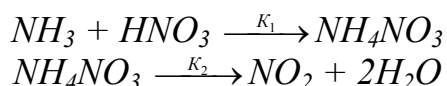
Определить время пребывания $\tau_{\text{опт}}$, обеспечивающее максимально возможный выход целевого продукта (ацетона) для всех вариантов исследования процесса.

Рассчитать рабочий объем реактора V для производительности аппарата $G = 0,2 \text{ м}^3/\text{мин}$.

$$V = \tau_{\text{опт}} \cdot G$$

Вариант 10

В периодическом реакторе идеального смешения происходит процесс получения аммиачной селитры (NH_4NO_3) по следующему механизму:



Разработать математическую модель кинетики процесса и получить решение при следующих условиях:

- интервал времени $\tau = 300 \text{ мин}$; шаг по времени $\Delta t = 1 \text{ мин}$;
- начальные концентрации $C_{\text{NH}_3} = 1,0 \text{ моль/л}$; $C_{\text{HNO}_3} = 1,0 \text{ моль/л}$;
- предэкспоненциальные множители: $K_{01} = 5530$; $K_{02} = 2 \cdot 10^{13}$;
- энергия активации $E_1 = 48650 \text{ Дж/моль}$, $E_2 = 137000 \text{ Дж/моль}$;
- температура $T = 200 \text{ }^\circ\text{C}$.

Частные порядки по компонентам во всех реакциях равны единице.

Оценить влияние на выход целевого компонента:

- изменения концентрации аммиака от 1 до 5 моль/л;
- изменения температуры реакции от $T = 170 \text{ }^\circ\text{C}$ до $T = 230 \text{ }^\circ\text{C}$.

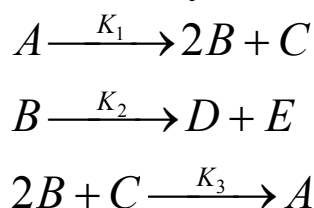
Определить время пребывания $\tau_{\text{опт}}$, обеспечивающее максимально возможный выход целевого продукта для всех вариантов исследования процесса.

Рассчитать рабочий объем реактора V для производительности аппарата $G = 200 \text{ л/мин}$.

$$V = \tau_{\text{опт}} \cdot G$$

1.6 Пример выполнения контрольной работы № 1

В реакторе периодического действия протекает процесс получения продукта «В», для которого предложен следующий механизм реакций:



Разработать математическую модель кинетики процесса и получить решение при следующих условиях:

- интервал времени $\tau = 50 \text{ мин}$; шаг по времени $\Delta t = 0,5 \text{ мин}$;

- начальные концентрации $C_{OA} = 0,800$ моль/л;
- предэкспоненциальные множители:
 $k_{0i} = \{0,2 \cdot 10^{14} \text{ 1/мин}; 9 \cdot 10^{15} \text{ 1/мин}; 0,5 \cdot 10^{14} \text{ л}^2/(\text{моль}^2 \cdot \text{мин})\}$;
- энергия активации $E_1 = 74$ кДж/моль, $E_2 = 89$ кДж/моль, $E_3 = 80$ кДж/моль;
- температура $T = -3^\circ\text{C}$.

Решение примера показано на рисунке 2.1.

Прежде чем записать решение данной задачи в MathCad, необходимо сформировать структуру математической модели кинетики. Для этого составляются матрицы стехиометрических коэффициентов и частных порядков, а также уравнения для скоростей реакций и уравнения для скоростей изменения концентраций компонентов. Для рассматриваемого примера матрица стехиометрических коэффициентов будет иметь следующий вид:

$$S = \begin{pmatrix} -1 & 2 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & -2 & -1 & 0 & 0 \end{pmatrix}.$$

Матрица частных порядков примет следующую форму:

$$P = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 2 & 1 & 0 & 0 \end{pmatrix}.$$

В соответствии с матрицами записываются уравнения для скоростей реакций:

$$\begin{aligned} w_1 &= k_1 \cdot C_A; \\ w_2 &= k_2 \cdot C_B; \\ w_3 &= k_3 \cdot C_B^2 \cdot C_C. \end{aligned}$$

Уравнения для скоростей изменения концентраций компонентов выглядят следующим образом:

$$\left\{ \begin{aligned} \frac{dC_A}{dt} &= -w_1 + w_3 \\ \frac{dC_B}{dt} &= 2w_1 - w_2 - 2w_3 \\ \frac{dC_C}{dt} &= w_1 - w_3 \\ \frac{dC_D}{dt} &= w_2 \\ \frac{dC_E}{dt} &= w_2 \end{aligned} \right.$$

При записи уравнений в MathCad концентрация компонента A обозначается буквой c_0 , компонента B – c_1 , компонента C – c_2 . Для решения системы обыкновенных дифференциальных уравнений используется встроенная функция Rkadapt (метод Рунге – Кутты с переменным шагом), аргументами которой являются вектор-столбец начальных концентраций c_0 , начальное и конечное значение диапазона времени исследования (в данном случае от 0 до 50 минут), количество шагов по времени (в данном случае 100 шагов) и название решаемой системы (в данном случае она называется D).

$$\begin{aligned}
 & k_{01} := 0.2 \cdot 10^{14} & k_{02} := 9 \cdot 10^{15} & k_{03} := 0.5 \cdot 10^{14} \\
 & E_1 := 7400 & E_2 := 8900 & E_3 := 8000 \\
 & R := 8.31 & T := -3 + 273.15 & n := 100 \\
 & c_0 := \begin{pmatrix} 0.8 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} & k_1 := k_{01} \cdot e^{\frac{-E_1}{R \cdot T}} & k_2 := k_{02} \cdot e^{\frac{-E_2}{R \cdot T}} & k_3 := k_{03} \cdot e^{\frac{-E_3}{R \cdot T}} \\
 & k_1 = 0.097 & k_2 = 0.055 & k_3 = 0.017 \\
 & u := \text{Rkadapt}(c_0, 0, 50, n, D) & D(t, c) := \begin{bmatrix} -k_1 \cdot c_0 + k_3 \cdot (c_1)^2 \cdot c_2 \\ 2k_1 \cdot c_0 - k_2 \cdot c_1 + -2k_3 \cdot (c_1)^2 \cdot c_2 \\ k_1 \cdot c_0 + -k_3 \cdot (c_1)^2 \cdot c_2 \\ k_2 \cdot c_1 \\ k_2 \cdot c_1 \end{bmatrix}
 \end{aligned}$$

Рисунок 1.1 – Расчет примера для контрольной работы № 1

На рисунке 1.2 представлены результаты расчета рассмотренной задачи. В нулевом столбце таблицы находятся значения текущего времени (поэтому время на оси абсцисс графика концентраций обозначено как $u^{<0>}$); в остальных столбцах выводятся расчетные концентрации компонентов реакционной системы. В соответствии с содержимым этих столбцов строятся графики, приведенные на рисунке 1.2.

	0	1	2	3	4
0	0	0.8	0	0	0
1	0.5	0.762	0.074	0.038	$1.029 \cdot 10^{-3}$
2	1	0.726	0.143	0.074	$4.013 \cdot 10^{-3}$
3	1.5	0.692	0.207	0.108	$8.806 \cdot 10^{-3}$
4	2	0.659	0.266	0.141	0.015
5	2.5	0.628	0.32	0.172	0.023
6	3	0.599	0.369	0.201	0.033
u = 7	3.5	0.571	0.415	0.229	0.043
8	4	0.544	0.456	0.256	0.055
9	4.5	0.519	0.493	0.281	0.068
10	5	0.495	0.527	0.305	0.082
11	5.5	0.473	0.558	0.327	0.097
12	6	0.451	0.585	0.349	0.113
13	6.5	0.431	0.609	0.369	0.129
14	7	0.412	0.631	0.388	0.146
15	7.5	0.394	0.649	0.406	...

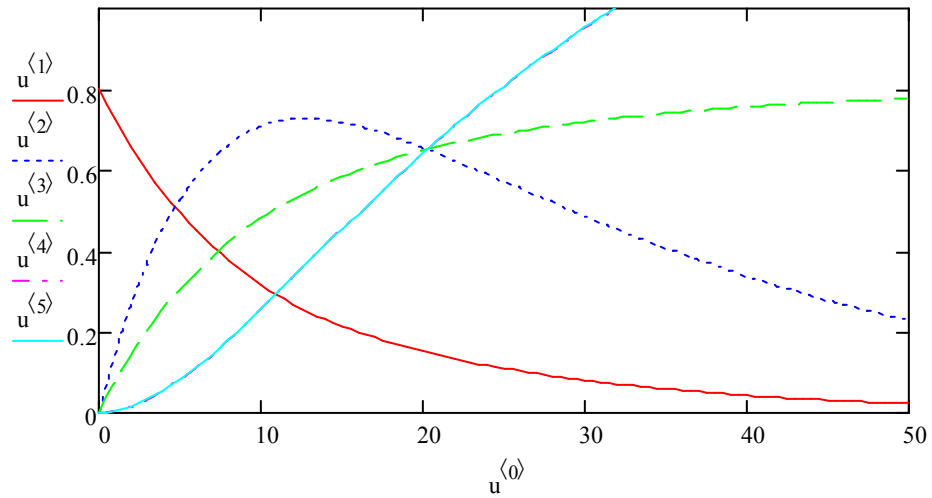


Рисунок 1.2 – Результаты расчета примера для контрольной работы № 1

2 КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА № 2

ТЕМА: РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ САПР

2.1 Понятие о базе и банке данных

Информация - это любые сведения о каком-либо событии, сущности, процессе и являющиеся объектом некоторых операций: восприятия, передачи, преобразования, хранения или использования.

Информационное обеспечение САПР – совокупность данных, которые необходимы для выполнения проектных процедур. Это документы, содержащие описания стандартных проектных процедур, типовых проектных решений типовых элементов, комплектующих изделий, материалов, оборудования и другие данных, а также файлы и блоки данных на машинных носителях с записью указанных документов.

Неформально БД представляет собой хранилище информации для различных приложений.

Информация, зафиксированная в определенной форме, пригодной для последующей обработки, хранения и передачи представляет собой данные. Актуальна задача эффективности организации данных и доступа к ним.

База данных в САПР – совокупность взаимосвязанных данных, хранящихся совместно во внешней памяти ЭВМ и используемых, как правило, более чем одним программным компонентом или пользователем САПР.

Работа базы данных обеспечивается специальным набором прикладных программ, называемых системой управления базами данных (СУБД).

Автоматизированное хранилище информации, включающее в себя собственно базы данных (БД) и программную систему управления базами данных (СУБД) является *банком данных*. Структура банка данных приведена на рисунке 2.1.

Словарь данных (СД) представляет собой специальную информационную структуру, содержащую общие сведения о ресурсах банка данных. Словарь данных включает в себя:

- описание схемы и подсхем БД (сведения об общей организации БД, а также о возможных (допустимых) значениях и форматах представления данных);
- сведения о полномочиях пользователей по управлению данными;
- сведения об источниках данных;
- другие справочные сведения.

*для взаимодействия
пользователя с БД
в интерактивном режиме*

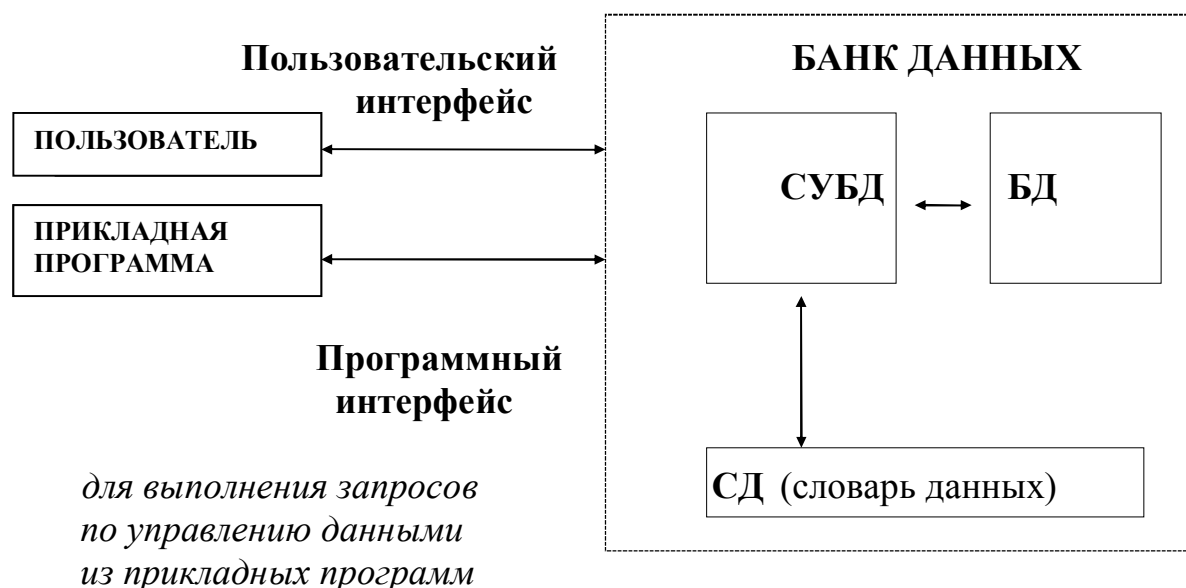


Рисунок 2.1- Структура банка данных

Система управления базами данных (СУБД) – комплекс программных и лингвистических средств общего или специального назначения, реализующий поддержку создания баз данных, централизованного управления и организации доступа к ним различных пользователей в условиях принятой технологии обработки данных.

СУБД обеспечивает:

- создание баз данных;
- описание и сжатие данных базы;
- манипулирование данными;
- физическое размещение и сортировку записей;
- защиту от сбоев, поддержку целостности данных и их восстановление;
- работу с транзакциями и файлами;
- безопасность данных.

СУБД может поддерживать один из интерфейсов или одновременно оба:

- * *пользовательский интерфейс* для взаимодействия пользователя с БД в интерактивном режиме;
- * *программный интерфейс* для выполнения запросов по управлению данными из прикладных программ.

Существуют разнообразные СУБД (**dBASE, FoxPro, MS Access, SQL Server**), ориентированные на различных пользователей и обладающие различными характеристиками.

2.2 Уровни представления данных, поддерживаемые СУБД

СУБД поддерживает следующие три уровня представления данных:

- * концептуальный уровень;
- * логический уровень;
- * физический уровень.

Концептуальный уровень определяет структуру БД в терминах объектов предметной области и отношений между ними.

Логический уровень является промежуточным и описывает взаимосвязи между логическими записями (в терминах принятой СУБД).

Физический уровень определяет форматы размещения данных (логических записей) на внешних носителях информации.

Для представления данных на концептуальном уровне применяются различные **модели данных**.

Известны такие модели данных:

- * иерархическая модель;
- * сетевая модель;
- * реляционная модель.

Наибольшее распространение получила реляционная модель данных.

В основе реляционной модели данных (от англ. relation - отношение) лежит понятие отношения между объектами предметной области, а сами отношения представляются таблицами. БД при этом представляет совокупность таблиц. Реляционной модели свойственны:

- * простота;
- * однородность (единообразие) представления данных;
- * низкая эффективность вследствие разобщенности семантически взаимосвязанных данных;
- * полнота;
- * равноправие между данными;
- * легкость обновления данных.

Широкое распространение получила СУБД MS Access. Microsoft Access — это настольная система управления реляционными базами данных предназначенная для работы на автономном персональном компьютере или локальной вычислительной сети под управлением семейства операционных систем Microsoft Windows. Обычно используется на малых предприятиях, для небольшого количества информации.

2.3 Характеристика СУБД Access

СУБД Microsoft Access является системой управления реляционной базой данных, включающей все необходимые инструментальные средства для создания локальной базы данных, общей базы данных в локальной сети с

файловым сервером или базы данных на SQL-сервере, а также для создания приложения пользования, работающего с этими базами данных. База данных Access, создаваемая на локальном компьютере, отличается от баз данных других настольных СУБД. В ее файле могут храниться не только данные, но и объекты интерфейса: формы, отчеты, а также программный код. Благодаря этому можно создать приложение, целиком хранящееся в одном файле, что существенно упрощает как создание, так и распространение приложений баз данных.

СУБД Access включает разнообразные и многочисленные относительно автономные программные средства, ориентированные на создание объектов базы данных и приложений пользователя.

Основные требования, предъявляемые к БД:

- гибкость;
- надежность;
- наглядность;
- экономичность.

Гибкость - возможность адаптации, наращивания, изменения средств СУБД и структуры БД; возможность параллельного доступа, режима диалога, возможность работы пользователей различного уровня.

Надежность - возможность восстановления информации в случае разрушения; реакция на ошибочный запрос.

Наглядность - удобная форма для пользователя.

Экономичность - исключение дублирования данных, возможность тиражирования.

При проектировании БД необходимо обеспечить принцип информационного единства, т.е. использование единой терминологии, условных обозначений, символов, размерности величин, проблемно-ориентированных языков.

Microsoft Access 2013 представляет собой 16-разрядное приложение для Windows и является СУБД, в состав которой входят таблицы, запросы, формы, отчеты, макросы и модули как самостоятельные объекты, хранящиеся в общей таблице базы данных на жестком диске или другом носителе информации.

Предметная область БД в среде Microsoft Access описывается с помощью реляционной модели. В работе использовалась программа Microsoft Access 2013.

2.4 Этапы проектирования БД в среде Access

При проектировании БД можно выделить следующие этапы работы.

I этап. Постановка проблемы

На этом этапе определяется **предметная область**, то есть часть реальной системы, имеющая интерес для данного исследования и формируется задание по созданию БД. Необходимо определить состав базы, назначение и цели ее создания, а также перечисляется, какие виды работ предполагается осуществлять в этой базе данных (отбор, дополнение, изменение данных,

печать или вывод отчета и т.д.).

II этап. Анализ объекта

Объектом называется элемент информационной системы, информацию о котором мы сохраняем. В реляционной теории баз данных объект называется **сущностью**.

Рассматривается, из каких объектов (сущностей) может состоять БД, каковы свойства этих объектов. После разбиения БД на отдельные объекты необходимо рассмотреть свойства каждого из этих объектов, другими словами, установить, какими атрибутами описывается каждый объект. Все эти сведения можно располагать в виде отдельных записей и таблиц. Далее необходимо рассмотреть тип данных каждой отдельной единицы записи (текстовый, числовой и т.д.). Сведения о типах данных также следует занести в составляемую таблицу.

III этап. Синтез модели

Разработка схемы данных с указанием связей между таблицами.

IV этап. Синтез компьютерной модели объекта

Реализации БД на компьютере.

V этап. Способы представления информации, программный инструментарий

Определение формы представления информации. В большинстве СУБД данные можно хранить в двух видах:

- с использованием форм;
- без использования форм.

Форма – созданный пользователем графический интерфейс для ввода данных в базу.

VI этап. Работа с созданной базой данных

Работа с БД включает в себя такие действия, как:

- поиск необходимых сведений;
- сортировка данных;
- отбор данных;
- вывод на печать;
- изменение и дополнение данных.

Целью контрольной работы является проектирование базы данных по выбранной предметной области, реализации запросов, формирование форм и отчетов в среде СУБД Access .

I этап. Постановка проблемы

Рассмотрим проектирование базы данных на примере разработки базы данных дробильного оборудования.

Дробление и измельчение – процесс уменьшения размеров кусков (зерен) полезных ископаемых или других твёрдых веществ путем разрушения их действием внешних сил, преодолевающих внутренние силы сцепления, связывающие между собой частицы твердого вещества. Процессы дробления и

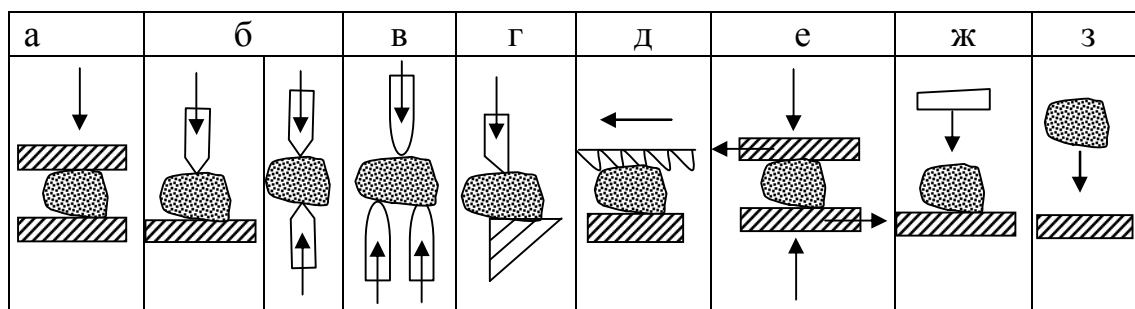
измельчения материалов широко применяются в химической, пищевой, добывающей и других отраслях промышленности.

При выборе дробильной машины или комплекта машин обязательно учитывают физико-механические свойства исходного продукта: прочность, хрупкость, абразивность, крупность кусков, а также необходимую крупность кусков готового продукта.

II этап. Анализ объекта

Способы измельчения

Твердый материал можно разрушить и измельчить до частиц желаемого размера раздавливанием, раскалыванием, разламыванием, резанием, распиливанием, истиранием, ударом и различными комбинациями этих способов, показанных на рисунке 2.2.



а - раздавливание; б - раскалывание; в - разламывание;
 г - резание; д - распиливание; е - истирание;
 ж - при стесненном ударе; з - при свободном ударе.

Рисунок 2.2- Способы измельчения

Виды измельчения

Результат измельчения характеризуется **степенью измельчения i** , равной отношению среднего характерного размера D куска материала до измельчения к среднему характерному размеру d куска после измельчения:

$$i = D / d$$

В зависимости от размеров наиболее крупных кусков исходного и измельченного материала ориентировочно различают виды измельчения, приведенные в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Виды измельчения

Виды измельчения		Размеры кусков до измельчения d_H , мм	Размеры кусков после измельчения d_K , мм
Дробление	Крупное	>500	100-400
	Среднее	100-500	20-100
	Мелкое	50-100	4-20
Помол	Грубый	20-100	1.0-4.0
	Средний	5-50	0.1-1.0
	Тонкий	1.0-10	0.01-0.1
	Свехтонкий	0.1-1.0	<0.01

Характеристика измельчаемых материалов

Измельчаемые материалы отличаются своими физико-химическими свойствами. При выборе оборудования для измельчения наиболее важными характеристиками материалов являются:

- предел прочности;
- модуль упругости;
- плотность и насыпная плотность;
- коэффициент разрыхления;
- коэффициент трения.

Таблица 2.2 - Характеристика измельчаемых материалов

Характеристика	Обозначения	Материал		
		уголь	гранит	кокс
предел прочности 10^{-5} Н/м ²	σ	20-290	3500	115
модуль упругости 10^{-5} Н/м ²	E	$7 \cdot 10^3 - 60 \cdot 10^4$	$6 \cdot 10^5$	$30 \cdot 10^4$
плотность кг/м ³	ρ	1600	2700	2200
насыпная плотность кг/м ³	ρ_n	875	2000	1600
коэффициент разрыхления	μ	0,25	0,15	0,3
коэффициент трения	f	0,29	0,58	0,47

Аппаратурное оформление процесса дробления

В промышленности и лабораторной практике для процесса измельчения чаще всего применяются дробилки и мельницы. Дробилки разделяются по типу машин. Рассмотрим щёковые, конусные, валковые и молотковые

дробилки, принцип действия и область применения которых приведены в таблице 2.3.

Таблица 2.3 – Основные типы дробильного оборудования

Тип машины	Схема	Принцип действия	Область применения
Щековые дробилки		Раздавливание происходит между неподвижной <i>1</i> и подвижной <i>2</i> щеками периодически; может сочетаться с истиранием	Первичное крупное и среднее дробление
Конусные дробилки		Раздавливание происходит между двумя конусами. Внешний конус <i>1</i> неподвижен, а внутренний (дробящий) <i>2</i> , посаженный на вертикальный вал <i>3</i> , движется по окружности.	Крупное, среднее, мелкое дробления при больших объемах производства.
Валковые дробилки		Материал раздавливается между двумя валками и вращающимися навстречу друг другу.	При измельчении вязких материалов.
Молотковые дробилки		Измельчают материал ударом быстро вращающихся молотков <i>1</i> , закрепленных на роторе <i>2</i> .	Для крупного и среднего дробления.

Каждый из типов машин имеет конкретную марку (наименование) и характеристики. Например, характеристики валковых дробилок приведены в таблице 2.4.

База данных предполагает различные функции выборки оборудования по различным признакам, их анализа, а также внесения новой информации или изменения (удаления) старой.

Анализ предметной области заключается в определении прецедентов (вариантов) использования базы данных, определение сущностей и их атрибутов.

Пользователь (проектировщик) может просматривать базу данных, выбирать нужный вид оборудования по различным признакам, заполнять формы, оформлять отчеты. Диаграмма прецедентов использования приведена на рисунке 2.3.

Таблица 2.4 - Технологические характеристики валковых дробилок

Показатель	Значения показателя для дробилки с гладкими и рифлеными валками		Значения показателя для дробилки с зубчатыми валками
	ДГ1500*600	ДГР600*400	ДДЗ-16
Размеры валков, мм:			
диаметр	1500	600	1600
длина	600	400	2000
Ширина щели между валками, мм	4-20	10-30	150-300
Производительность, м ³ /ч	15-75	8-25	650-1000
Наибольший размер куска загружаемого материала, мм	75	60	1200*1300*1300
Частота вращения валков, об/мин	83	175	30
Число электродвигателей	1	1	1
Мощность электродвигателя, кВт	55	20	315
Масса дробилки, кг	32392	3330	124000

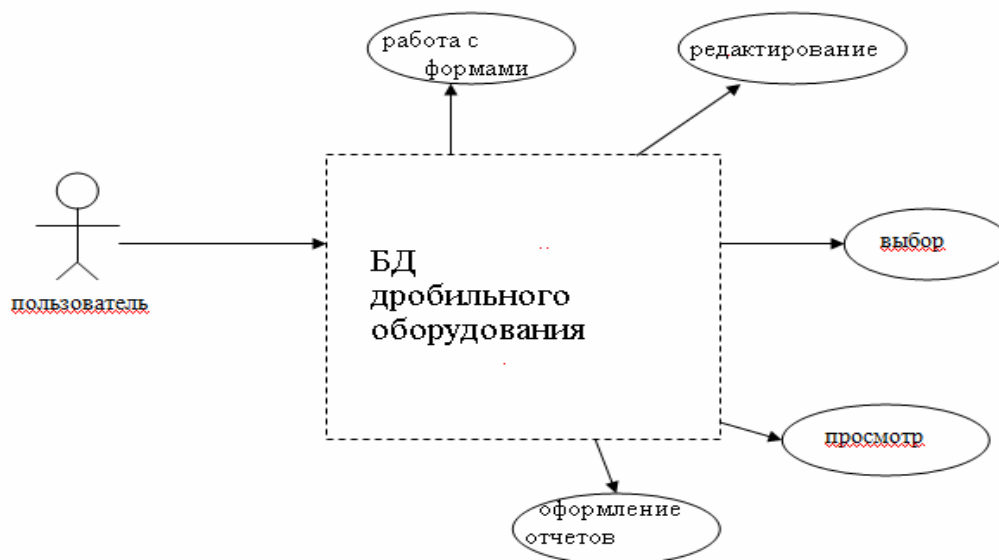


Рисунок 2.3- Диаграмма прецедентов использования

III этап. Синтез модели

Исходя из анализа предметной области, основными сущностями данной предметной области являются:

- машины
- оборудование;
- технологические характеристики оборудования;
- способы измельчения;
- виды измельчения;
- характеристики материалов.

Графическое представление информационно-логической (инфологической) модели представлено на рисунке 2.4. Каждая из сущностей характеризуется своими атрибутами.

Атрибут – это информационное отражение свойств объекта.

Из всех атрибутов должен быть выделен один атрибут, называемый **ключевым элементом**, то есть такой элемент, по которому можно определить значения других элементов данных, например, номер паспорта, код оборудования, код способа измельчения.

Для каждой сущности определены атрибуты.

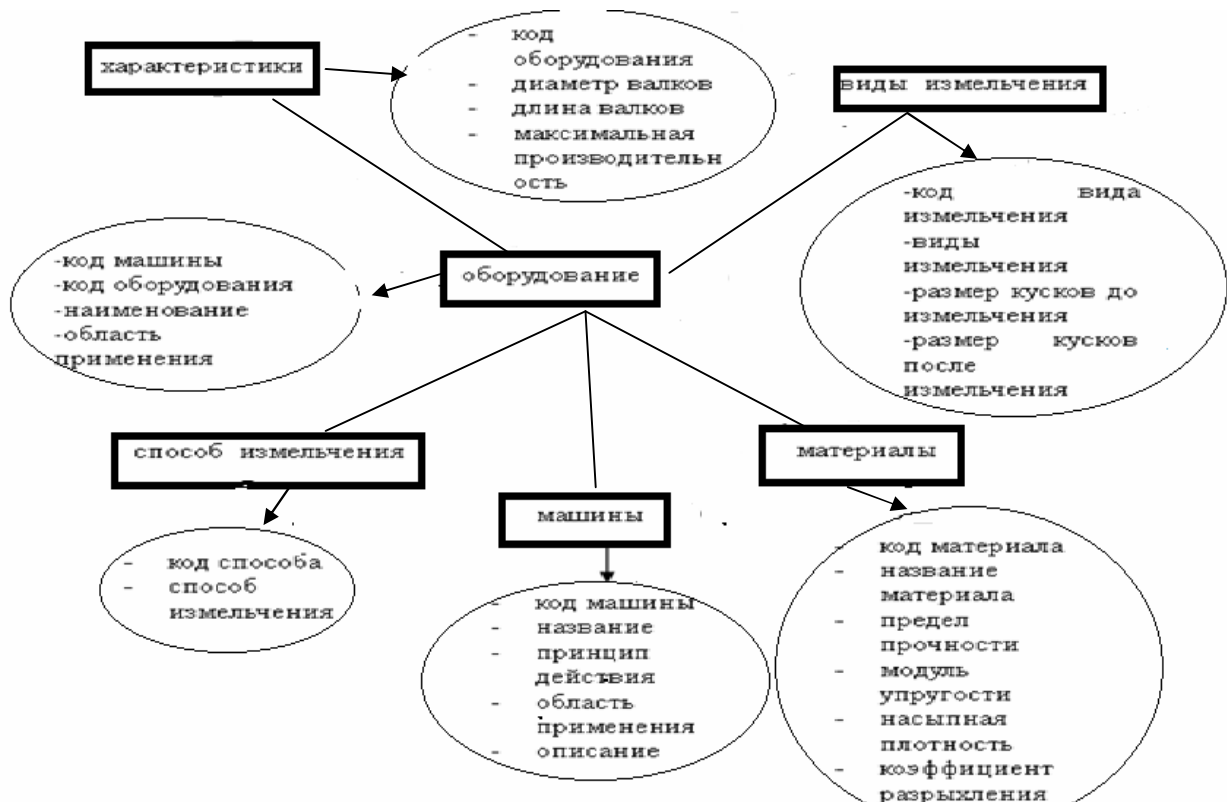


Рисунок 2.4 Информационно-логическая модель

Рассмотрим каждую из сущностей.

1. Машины

Рассмотрены 4 вида машин: валковые, щёковые, конусные и молотковые.

Сущность характеризуется атрибутами:

- код машины;
- название;
- принцип действия;
- область применения;
- описание.

2. Оборудование

В базу внесены конкретные модели дробильного оборудования. Сущность характеризуется атрибутами:

- код машины;
- код оборудования;
- наименование;
- область применения.

3. Виды измельчения

Для процесса дробления выделяют 3 вида измельчения: крупное дробление, среднее дробление и мелкое дробление; для процесса помола – 4 вида: грубый помол, средний помол, тонкий помол и сверхтонкий помол. Сущность характеризуется атрибутами:

- код вида измельчения;
- виды измельчения;
- размер кусков до измельчения;
- размер кусков после измельчения.

4. Способы измельчения

Включены 7 способов измельчения: раздавливание, раскалывание, разламывание, резание, распиливание, истирание и удар. Сущность характеризуется атрибутами:

- код способа;
- способ измельчения.

5. Технологические характеристики оборудования

- код оборудования;
- диаметр валков;
- длина валков;
- максимальная производительность.

6. Характеристики измельчаемых материалов

- код материала;
- название материала;

- предел прочности;
- модуль упругости;
- плотность и насыпная плотность;
- коэффициент разрыхления;
- коэффициент трения.

Для описания каждой из сущностей должна быть сформирована таблица, в которой хранятся все данные и хранится сама структура базы (поля, их типы и свойства). При проектировании должны быть сформированы все таблицы, в которые заносятся соответствующие данные. Реляционная база данных является объединением нескольких двумерных таблиц, между которыми установлены связи.

IV этап. Синтез компьютерной модели объекта

Проектирование таблиц

Между записями двух таблиц могут быть установлены следующие основные виды связей:

- **один к одному** – эта связь предполагает, что одному экземпляру информационного объекта А соответствует не более одного экземпляра информационного объекта В и наоборот; например, факультет – декан.

- **один ко многим** – эта связь предполагает, что одному экземпляру информационного объекта А соответствует 0,1,2 или более экземпляра информационного объекта В, но каждый экземпляр объекта В связан не более, чем с одним экземпляром информационного объекта А; например, декан – студенты.

- **многие ко многим** – эта связь предполагает, что одному экземпляру информационного объекта А соответствует 0,1,2 или более экземпляра информационного объекта В и наоборот; например, студент- учебная дисциплина.

Данные могут группироваться в таблицы различными способами, но при этом должен выполняться принцип нормализации:

- в одной таблице не должно быть повторяющихся полей;
- в каждой таблице ключ должен однозначно определять запись из множества записей;
- значению ключа должна соответствовать исчерпывающая информация об объекте таблицы;
- изменение значения любого не ключевого поля не должно влиять на информацию в других полях.

Таблица «оборудование» и «характеристики оборудования» имеют связь **один к одному** для удобства использования – в первой таблице хранится текстовая информация, во второй хранятся числовые характеристики.

При возникновении связи **многие ко многим** нужно нормализовать базу данных, для чего следует создать промежуточные таблицы. Например, разные

виды оборудования могут измельчать многие виды материалов, поэтому создается таблица-посредник «материал-оборудование», содержащая идентификаторы материалов и оборудования.

Создание схемы данных

1. Запустите Access и в раскрывшемся окне выберете пиктограмму «Пустая база данных рабочего стола». В появившемся окне укажите *имя файла*, укажите *диск и каталог*, куда в последствии будет помещен файл базы данных, нажмите кнопку *Создать*.

2. Для создания *таблицы* выберите режим создания структуры новой таблицы в режиме *Конструктор*.

3. В окне Конструктора таблицы укажите для каждого поля его *имя и тип* (рекомендуется в колонке *Описание* указать назначение поля). Для задания типа поля щелкните в соответствующей ячейке в столбце *Тип данных*. Затем откройте символ списка, который появится справа в выбранной ячейке, и выберите нужный тип. Для каждого поля задайте *свойства* (перечень свойств зависит от выбранного типа данных).

4. Сохраните созданную структуру таблицы: выполните команду *Сохранить*, введите имя таблицы.

5. В основном меню выбрать закладку *Создание* и сформируйте структуры всех таблиц. Укажите в каждой таблице *ключевое поле*. Выделите поле и выберите в *Панели Инструментов* пиктограмму *Ключа*.

6. Перейдите в режим *заполнения*, нажав дважды на название соответствующей таблицы в списке объектов. Внесите все данные.

Пример работы с таблицами в режиме Конструктора приведен на рисунке 2.5.

Оборудование	
Имя поля	Тип данных
код_м	Числовой
код_оборудования	Числовой
наименование	Текстовый
область_применения	Текстовый

Общие	Подстановка
Размер поля	Длинное целое
Формат поля	
Число десятичных знаков	Автс
Маска ввода	
Подпись	код_машины
Значение по умолчанию	0
Слэские на значение	
Сообщение об ошибке	
Обязательное поле	Нет
Индексированное поле	Да (Допускаются ссвгадения)
Смарт-теги	
Выравнивание текста	Общее

Рисунок 2.5 Конструирование таблицы «Оборудование»

Для создания *связей между таблицами* можно воспользоваться следующими инструкциями:

- в главном меню выбрать закладку *Работа с базами данных*, затем выбрать пиктограмму *Схема данных*;

- щелкнуть правой кнопкой мыши на свободном пространстве схемы данных, из контекстного меню выбрать команду *Добавить таблицу*, как показано на рисунке 2.6.

- в диалоговом окне *Добавление таблицы* раскройте вкладку *Таблицы* и выберите из списка таблиц одну из таблиц, нажмите кнопку *Добавить*; проделайте это же с таблицей, с которой будет установлена связь (если нужно добавить к схеме несколько таблиц, повторите эту операцию для каждой таблицы);

- нажмите кнопку *Заккрыть*.

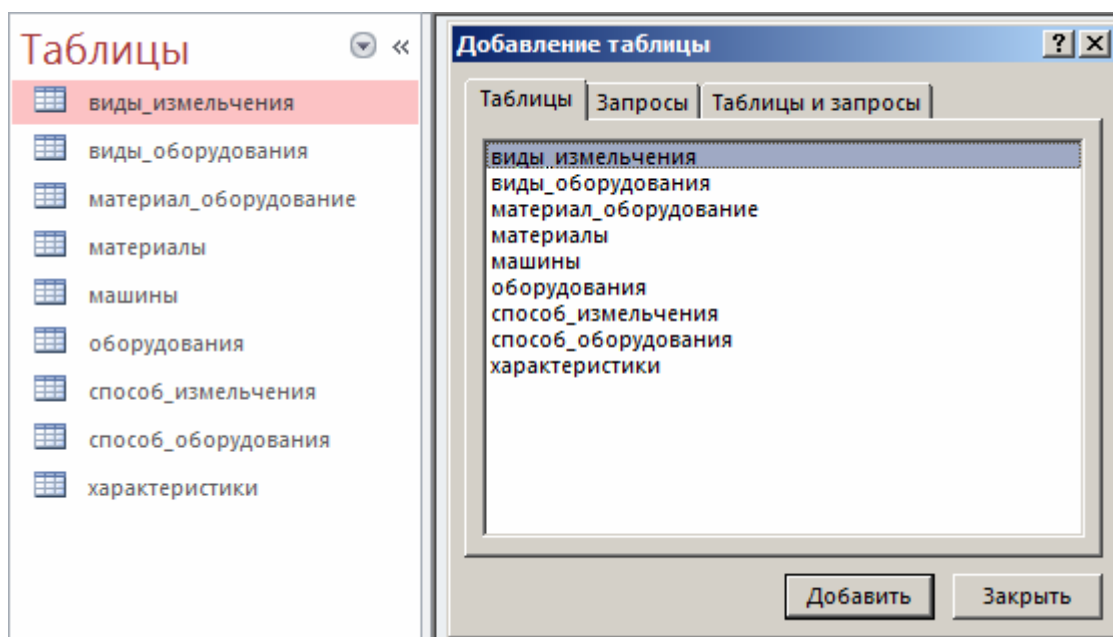


Рисунок 2.6 – Добавление таблиц в схему данных

- в окне *Схема данных* перенесите поле, которое следует использовать для установки связи, из списка одной таблицы к соответствующему полю другой таблицы. На экране появится диалоговое окно *Связи*; в общем случае между двумя таблицами может быть установлено несколько связей;

- щелкните по флажку *Обеспечение целостности данных*, при этом для Вас станут доступными две дополнительные опции:

- каскадное удаление связанных записей** – это автоматическое удаление дочерних строк (*связанные строки в таблицах со стороны "многие" при связи*

"одна-ко-многим") при удалении родительской строки (связанная строка в таблице со стороны "один" при связи "одна-ко-многим");

каскадное обновление связанных полей – это автоматическое обновление значений внешних ключей в дочерних таблицах, когда вы измените значение первичных ключей в родительской таблице.

- щелкните по кнопке **Создать** в диалоговом окне **Связи**; в окне **Схема данных** связь будет показана графически.

На основе спроектированных таблиц и установленных связей между ними разработана схема данных, приведенная на рисунке 2.7.

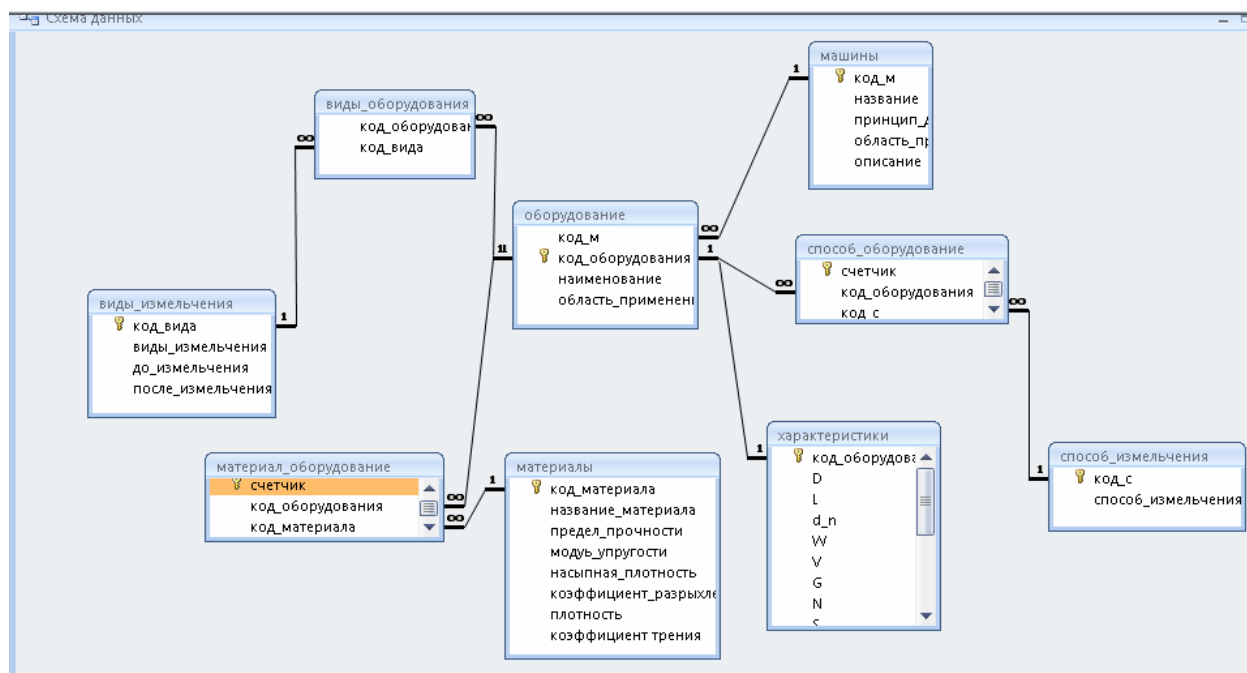


Рисунок 2.7 – Схема данных

Примеры заполнения таблиц данными приведены на рисунках 2.8 – 2.14.

машины : таблица					
	код_машины	название	принцип_действия	область_применения	описание
+	1	валковые дробилки	В валковых дробилках мате	Дробилки с гладкими валками при	Дробилка, в которой дробление ос
+	2	щековые дробилки	Измельчаемые куски подаю	Щековые дробилки используют дл	Дробилка, в которой дробление ос
+	3	конусные дробилки	В конусных дробилках мате	Конусные дробилки предназначе	Дробилка, в которой дробление ос
+	4	молотковые дробил	В молотковых дробилках ма	Молотковые дробилки предназнач	Дробилка, в которой дробление ос
▶ +	5	Барабанные мельн	Барaban заполняется приме	Цилиндрические шаровые и стел	
*	(Счетчик)				

Запись: 5 из 5

Рисунок 2.8 – Таблица «Машины»

оборудования : таблица				
	код_машины	код_оборудования	наименование	область_применения
+	1	101	ДВГ 200*125	для сухого дробления горных пород и других материалов различной твердости
+	1	102	ДГ 400*250	для дробления горных пород с пределом прочности до 150МПа
+	1	103	ДДЗ 1500*1200	для дробления марганцевых карбонатных пород
+	1	104	ДЧГ 900*700	для дробления топлива(кокс, уголь)
+	2	201	ШДС 180*250	для дробления хрупких материалов с пределом прочности до 250МПа
+	2	202	ШДС 250*400	для дробления хрупких материалов с пределом прочности до 250МПа
+	2	203	ШДБ	для дробления хрупких, сыпучих материалов различной прочности и твердости
+	2	204	ШД10	для дробления хрупких, сыпучих материалов различной прочности и твердости
+	2	205	ДЩ 2,5*9	для крупного сухого дробления пород средней и большой твердости
+	2	206	ДЩГ 7,5*27	для крупного сухого дробления пород средней и большой твердости
+	2	207	ДЩ 4*9	для крупного сухого дробления пород средней и большой твердости
+	3	301	ККД1500А	для дробления руд, нерудных полезных ископаемых и аналогичных им материалов
+	3	302	КСД1750	для дробления руд, нерудных полезных ископаемых и аналогичных им материалов
+	3	303	КДМ2500	для дробления руд, нерудных полезных ископаемых и аналогичных им материалов
+	4	401	ДРО-577	для измельчения хрупких и мягких материалов
+	4	402	СМ-170В	для измельчения хрупких и мягких материалов
+	4	403	СМД-500	для измельчения хрупких и мягких материалов
*	0	0		

Запись: 17 из 17

Рисунок 2.9 – Таблица «Оборудование»

способ_измельчения : таблица		
	код_способа	способ_измельчения
+	1	раздавливание
+	2	раскалывание
+	3	разламывание
+	4	резание
+	5	распиливание
+	6	истирание
+	7	удар
*		(Счетчик)

Запись: 7 из 7

Рисунок 2.10 – Таблица «Способ измельчения»

виды_измельчения : таблица				
	код_вида_измельчения	виды_измельчения	размер кусков до измельчения	размер кусков после измельчения
+	1	крупное дробление	>=500	100-400
+	2	среднее дробление	100-500	20-100
+	3	мелкое дробление	50-100	4-20
+	4	грубый помол	20-100	1-4
+	5	средний помол	5-50	0,1-1
+	6	тонкий помол	1-10	0,01-0,1
+	7	сверхтонкий помол	0,1-1	<0,01
*		(Счетчик)		

Запись: 1 из 7

Рисунок 2.11 – Таблица «Виды измельчения»

характеристики : таблица											
код_обор	диаметр	длина	максимальная	ширина в	частота	производительность	мощность	габаритные размеры	масса, кг	размер приёмного отверстия	
+	101	200	125	20	0-12	1500	0,7	2*1,1	690*390*990	245	
+	102	400	250	20	2,0-12	1200	<20	2*4,0	2450*940*785	1200	
+	103	1500	1200	500/300	50-150/25-60-80	200-450/150-300	2*90	7584*3364*2417	50500		
+	104	900	700	40	2,5-10	61,12-12	16	30-45/45	26350		
+	201		170	5-30		1,5-5	7,5	1800*930*1340	1100	180*250	
+	202		220	20-60		4-7	18	2000*1120*1626	3000	250*400	
+	203		50	2-20		<0,2	1,1	635*340*600	122	60*100	
+	204		70	3-25		<0,5	2,2	740*480*630	240	100*200	
+	205		210	20-60		10-25	45	3340*2870*1650	9600	250*900	
+	206		2500	25-160		210-280	55	5395*3687*2304	38500	750*2700	
+	207		340	40-90		15-35	55	3390*2750*2080	12600	400*900	
+	301		1200	<330		2300	2*400	15000*6300*11800	675000		
+	302		215	25-60		<300	160	3850*3050*4400	47000		
+	303		150	5-15		120-360	360				
+	401		300	20		90-110	110		5500		
+	402		400	20		150-210	250		11000		
+	403		100	5		27	2*75		5800		
0											

Рисунок 2.12 – Технологические характеристики оборудования

материалы : таблица								
код_материала	название_материала	предел_прочности	модуль_упругости	насыпная_плотность	коэффициент_разрыхления	плотность	коэффициент трения	
+	1	гранит очень твердый	350000000	60000000000	2000	0,15	2700	0,58
+	2	гранит мягкий	50000000	10000000000	1200	0,2	1900	0,46
+	3	известняк	107500000	21500000000	2080	0,1	2720	0,58
+	4	уголь каменный	15500000	30350000000	875	0,25	1600	0,29
+	5	кокс	115000000	30000000000	1600	0,3	2200	0,47
к		(Счетчик)						

Рисунок 2.13 – Таблица «Материалы»

материал_оборудование			
счетчик	код_оборудования	код_материала	До
01	101	3	
02	101	5	
03	102	1	
04	102	2	
05	103	2	
06	104	5	
07	201	3	
08	201	4	
09	202	3	
10	202	5	
11	203	4	
12	204	4	
13	204	2	
14	205	2	
15	205	3	
16	206	4	
17	206	5	
18	207	3	
19	301	2	
20	301	3	

Рисунок 2.14 – Таблица «Оборудование - Материалы»

V этап. Способы представления информации

Для просмотра информации, внесения новых данных могут быть сформированы **формы**, примеры форм приведены на рисунках 2.15 – 2.16.

Поле	Значение
код_материала	1
название_материала	гранит очень твердый
предел_прочности, Н/м3	250000000
модуль_упругости, Н/м2	60000000000
насыпная_плотность, кг/м3	2000
коэффициент_разрыхления	0,15
плотность, кг/м3	2700
коэффициент трения	0,58

Рисунок 2.15 – Форма «Материалы»

Поле	Значение
код_машины	1
код_оборудования	101
наименование	ДВГ 200*125
область_применения	для сухого дробления горных пород и других материалов различной твердости

Рисунок 2.16 – Форма «Оборудование»

VI этап. Работа с созданной базой данных

При работе с созданной базой данных можно сформировать различные запросы и отчеты.

Запросы являются одним из основных инструментов выборки, обновления и обработки данных в таблицах базы данных. Запрос позволяет сформировать пользовательское представление о данных. Рассмотрим создание запросов.

1. *Запрос по материалу – какое оборудование можно использовать для дробления мягкого гранита и какова производительность и потребляемая мощность оборудования?*

Нужно в режиме *создание запросов* выбрать необходимые таблицы, поля и условия отбора, приведенные на рисунке 2.17. Результат выборки приведен на рисунке 2.18.

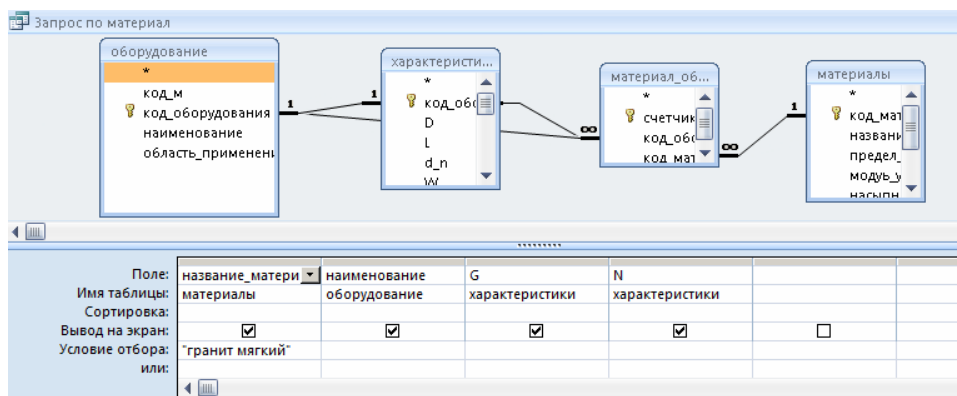


Рисунок 2.17 – Конструирование запроса по материалу

название_матери	наименование	производительность, т/ч	мощность двигателя, кВт
гранит мягкий	ДДЗ 1500*1200	300-1000	2*60
гранит мягкий	ШД10	<0,5	2,2
гранит мягкий	ДЩ 2,5*9	1-10	45
гранит мягкий	ККД1500А	2300	2*400
гранит мягкий	ДГ 400*250	<60	2*4,5

Рисунок 2.18 – Результат выборки запроса по материалу

2. *Запрос по способу измельчения – в каком оборудовании используется способ истирания материала?*

Конструирование запроса и результат выборки приведен на рисунках 2.19 – 2.20.

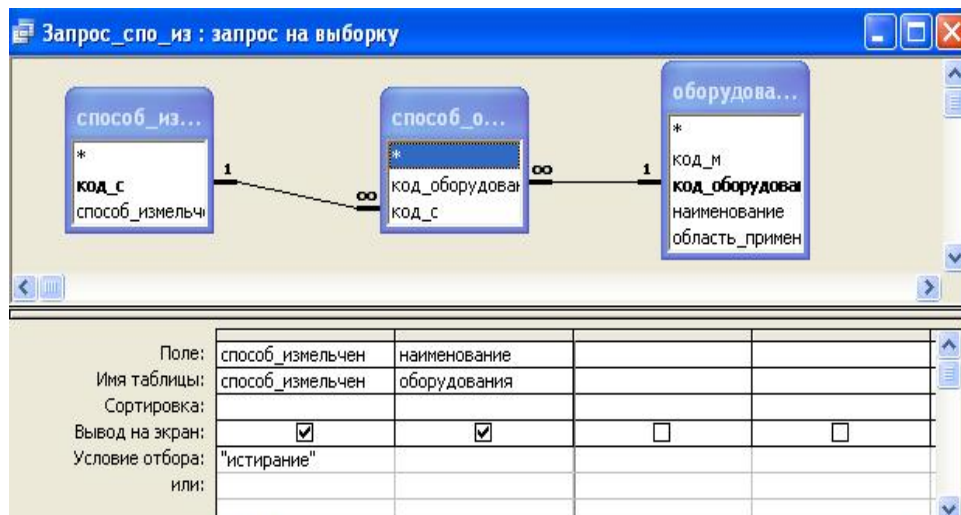


Рисунок 2.19 – Конструирование запроса по способу измельчения

способ_измельчения	наименование
истирание	ДВГ 200*125
истирание	ДГ 400*250
истирание	ДДЗ 1500*1200
истирание	ДЧГ 900*700
истирание	ЩДС 180*250
истирание	ЩДС 250*400
истирание	ШД6
истирание	ШД10

Рисунок 2.20 – Результат выборки запроса по способу измельчения

3. *Запрос по виду измельчения - какое оборудование можно использовать для крупного дробления кусков с размером больше 500м?*

Конструирование запроса и результат выборки приведен на рисунках 2.21 – 2.22.

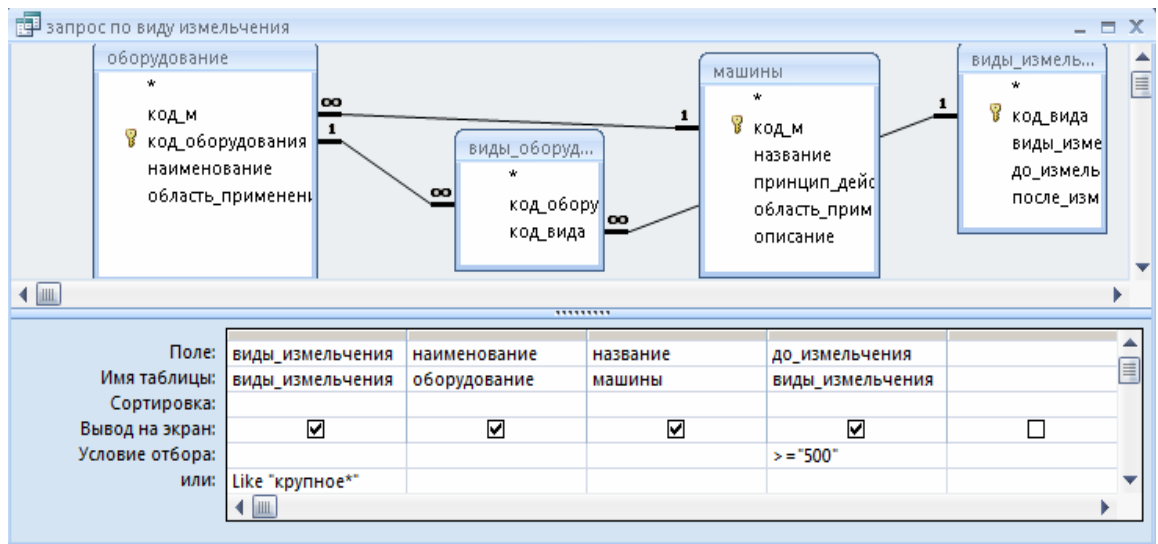


Рисунок 2.21 – Конструирование запроса по виду измельчения

	виды_измельчения	наименование	размер кусков до изм	размер кусков после изм
▶	крупное дробление	ДГ 400*250	>=500	100-400
	крупное дробление	ШДБ	>=500	100-400
	крупное дробление	ККД1500А	>=500	100-400
*				

Запись: 1 из 3

Рисунок 2.22 – Результат выборки запроса по виду измельчения

На основании таблиц и запросов можно сформировать **отчеты**. Пример отчета по оборудованию, содержащемуся в базе данных, представлен на рисунке 2.23. Отчет можно распечатать в удобном для пользователя виде.

оборудование

16 ноября 2015 г.
13:14:59

оборудование

код_машины	эд_оборудования	наименование	область_применения
1	101	ДВГ 200*125	для сухого дробления горных пород и других материалов различной твердости
1	102	ДГ 400*250	для дробления горных пород с пределом прочности до 150МПа
1	103	ДДЗ 1500*1200	для дробления марганцевых карбонатных пород
1	104	ДЧГ 900*700	для дробления топлива(кокс, уголь)
2	201	ЩДС 180*250	для дробления хрупких материалов с пределом прочности до 250МПа
2	202	ЩДС 250*400	для дробления хрупких материалов с пределом прочности до 250МПа
2	203	ШД6	для дробления хрупких, сыпучих материалов различной прочности и твердости
2	204	ШД10	для дробления хрупких, сыпучих материалов различной прочности и твердости

Рисунок 2.23 – отчет «Оборудование»

2.5 Задание к контрольной работе «Проектирование базы данных в среде Access»

Из предлагаемого списка или **самостоятельно** выбрать предметную область. Примерный перечень предметных областей для выбора темы контрольной работы:

1. База данных технологических параметров выбранного технологического процесса.
2. База данных оборудования выбранного технологического процесса.
3. Поставка и реализация химической продукции.
4. Учет материальных ценностей.
5. Учет товаров на складе готовой продукции (красителей, порошков, красок, химических препаратов и др.).
6. Отпуск изделий со склада продукции.
7. Поставка и реализация фармацевтической продукции.

1. Построить концептуальную модель выбранной предметной области, а именно предложить список сущностей и список атрибутов, описывающих их.

2. Построить инфологическую модель, соответствующую концептуальной модели.

3. Реализовать даталогическое проектирование базы данных на основе концептуальной и инфологических моделей.

4. Проанализировать результаты выполнения разработанной программы

5. Подготовить «Отчет по контрольной работе», который должен содержать:

-цель работы;

-описание предметной области;

-концептуальную инфологическую и даталогическую модели базы данных;

-схему базы данных;

-сформированные таблицы, запросы, формы и отчеты;

-выводы по работе.

Разработанная база данных должна содержать не менее 4 таблиц. Необходимо организовать выборку информации из разработанной базы данных, т.е. сформулировать не менее 3 запросов разных типов, реализуемых средствами выбранного программного средства.

Разработанное приложение должно содержать как минимум одну отчетную форму и отчет.

3 КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА № 3

ТЕМА: 3D-МОДЕЛИРОВАНИЕ В СРЕДЕ «КОМПАС-3D»

Задание к контрольной работе

В ходе выполнения контрольной работы по чертежу детали необходимо построить ее трехмерную модель. В контрольной работе следует отразить этапы построения в виде копий экрана и кратких пояснений. В конце работы следует представить несколько видов готовой модели, полностью отражающих ее геометрию.

Также следует представить копию экрана с деревом модели, как на рисунке 3.1.

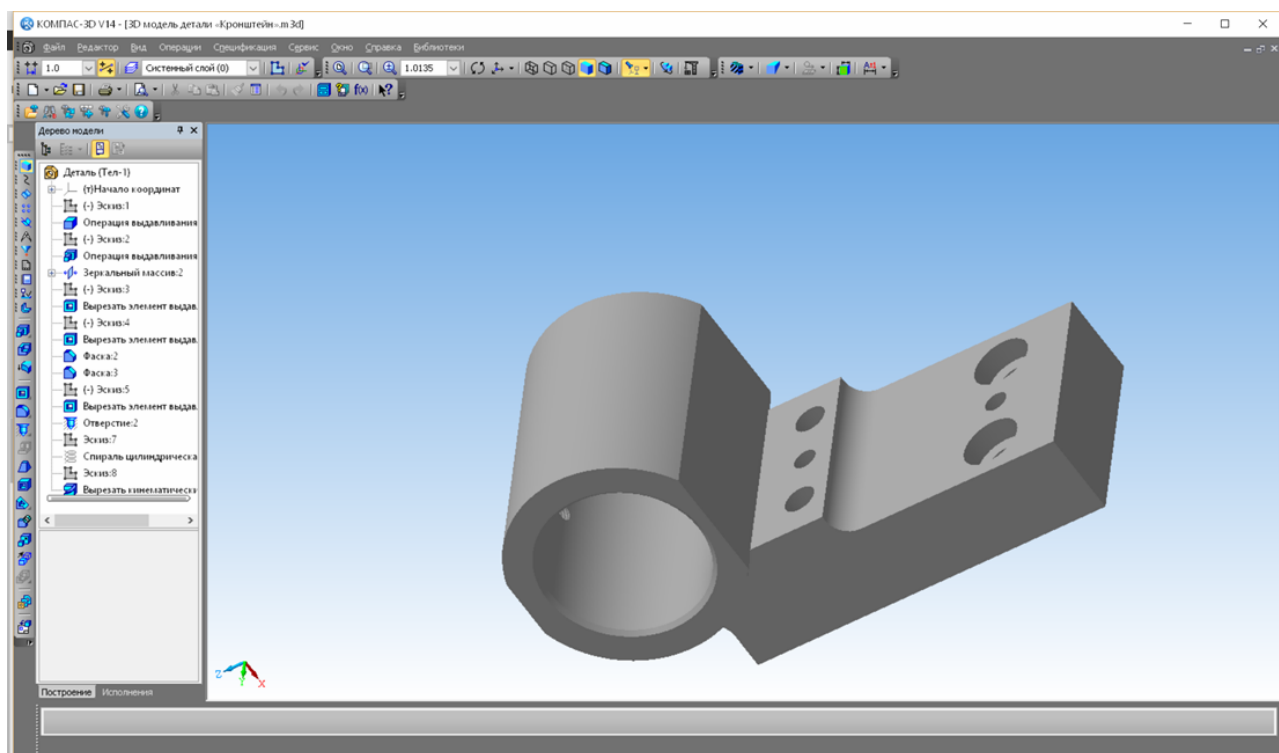


Рисунок 3.1 – Трехмерное изображение модели

При сдаче контрольной работы необходимо продемонстрировать модель на компьютере.

Задание состоит из десяти вариантов. Номер варианта определяется по последней цифре номера зачетной книжки.

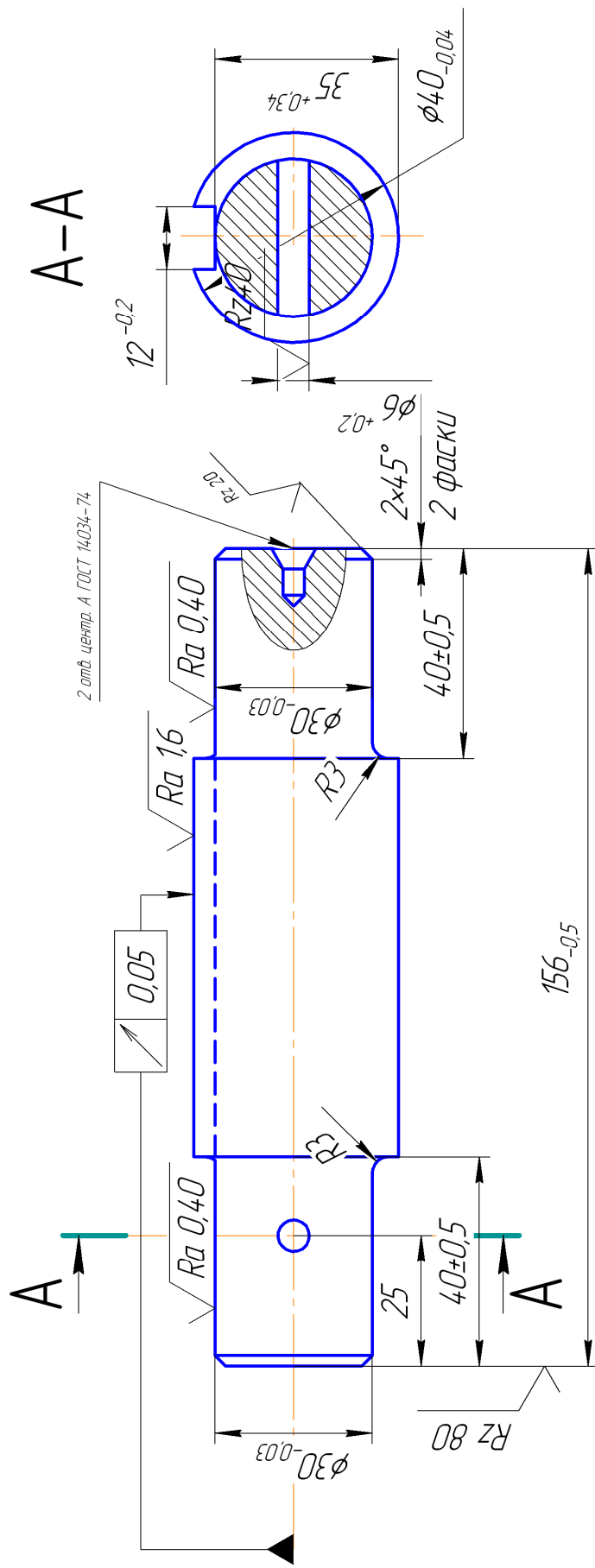


Рисунок 3.2 - Вариант 1 (вал)

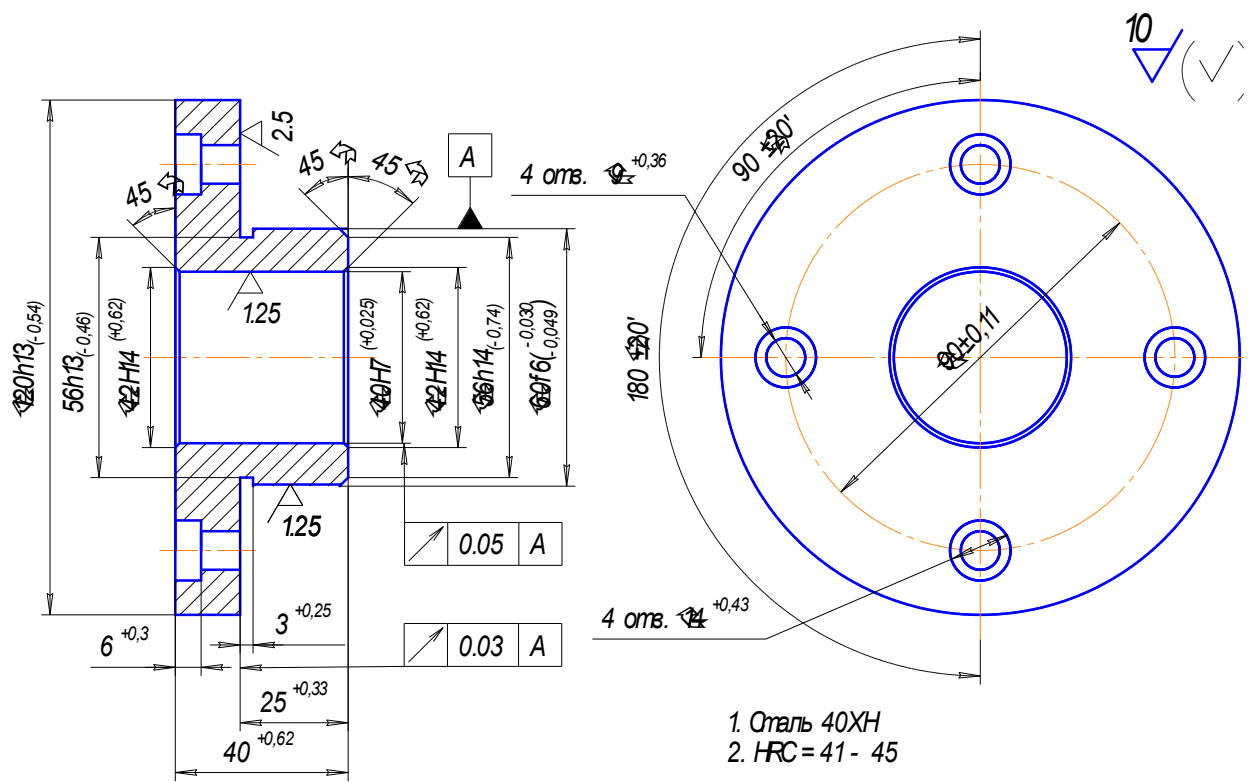


Рисунок 3.3 - Вариант 2 (втулка)

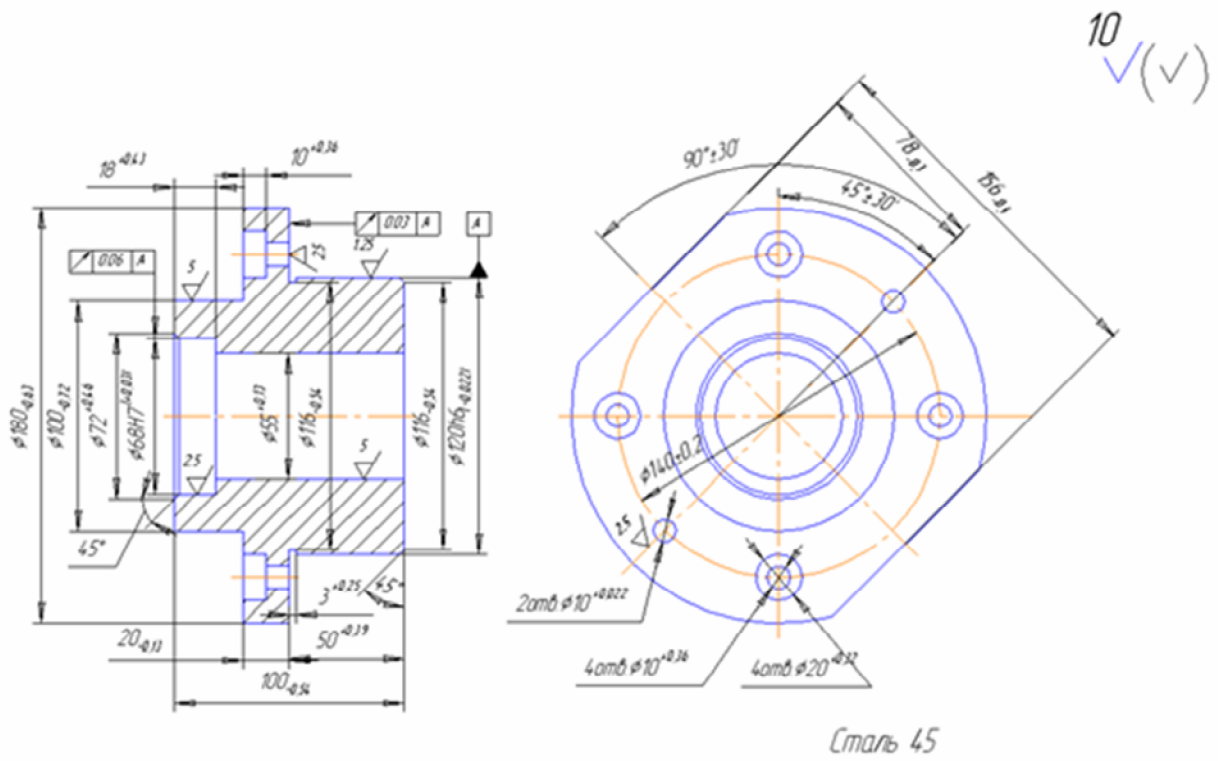


Рисунок 3.4 - Вариант 3 (втулка)

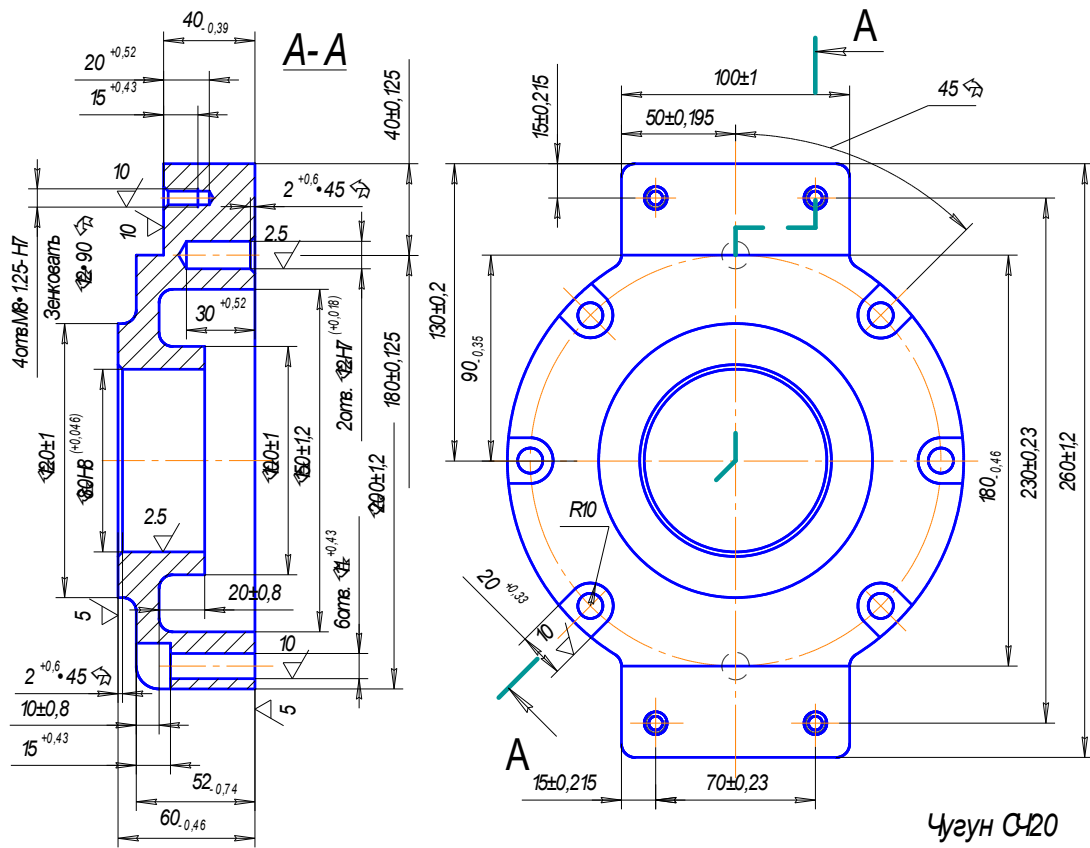


Рисунок 3.5 - Вариант 4 (крышка)

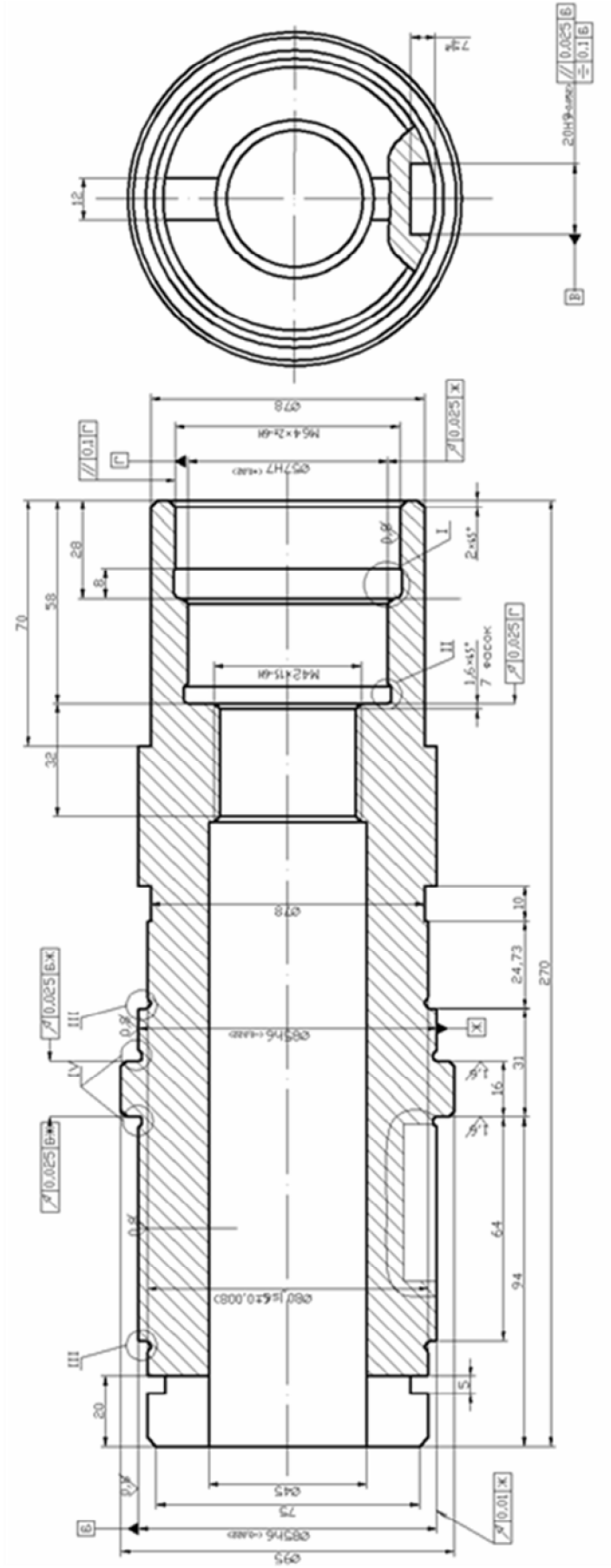
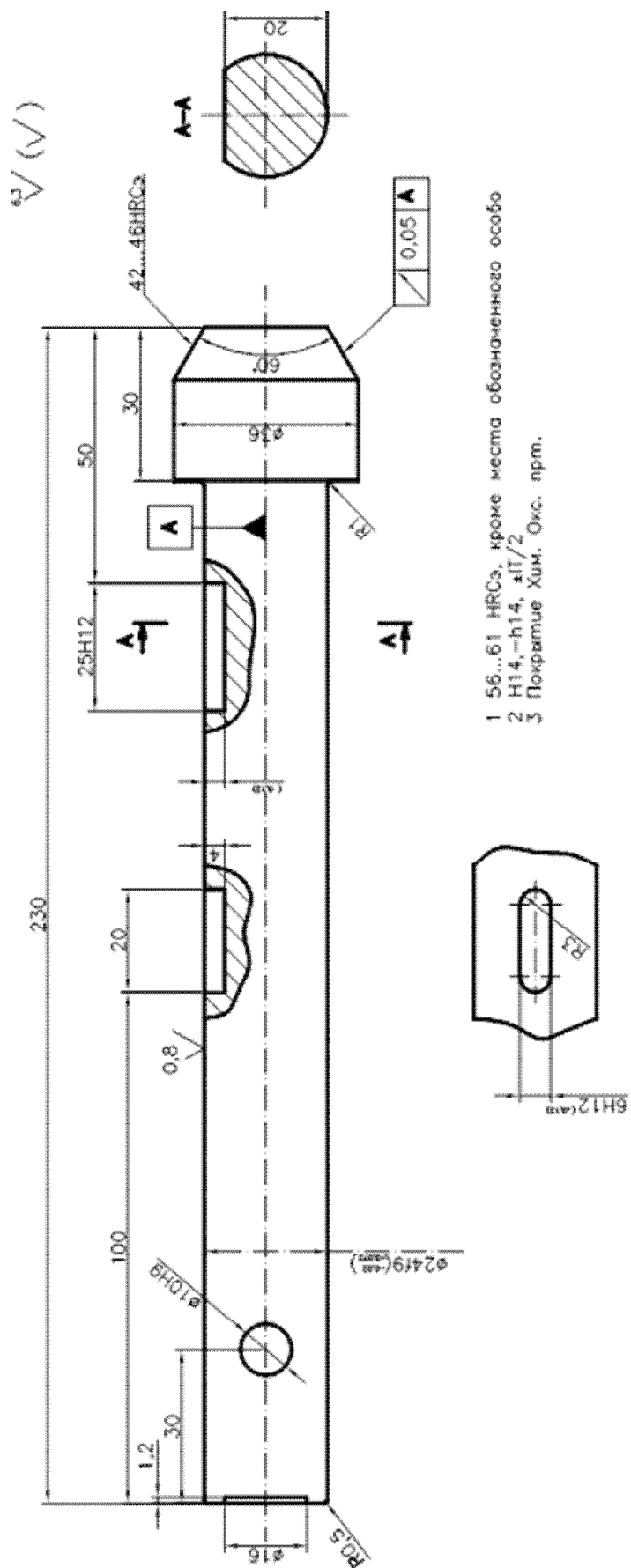


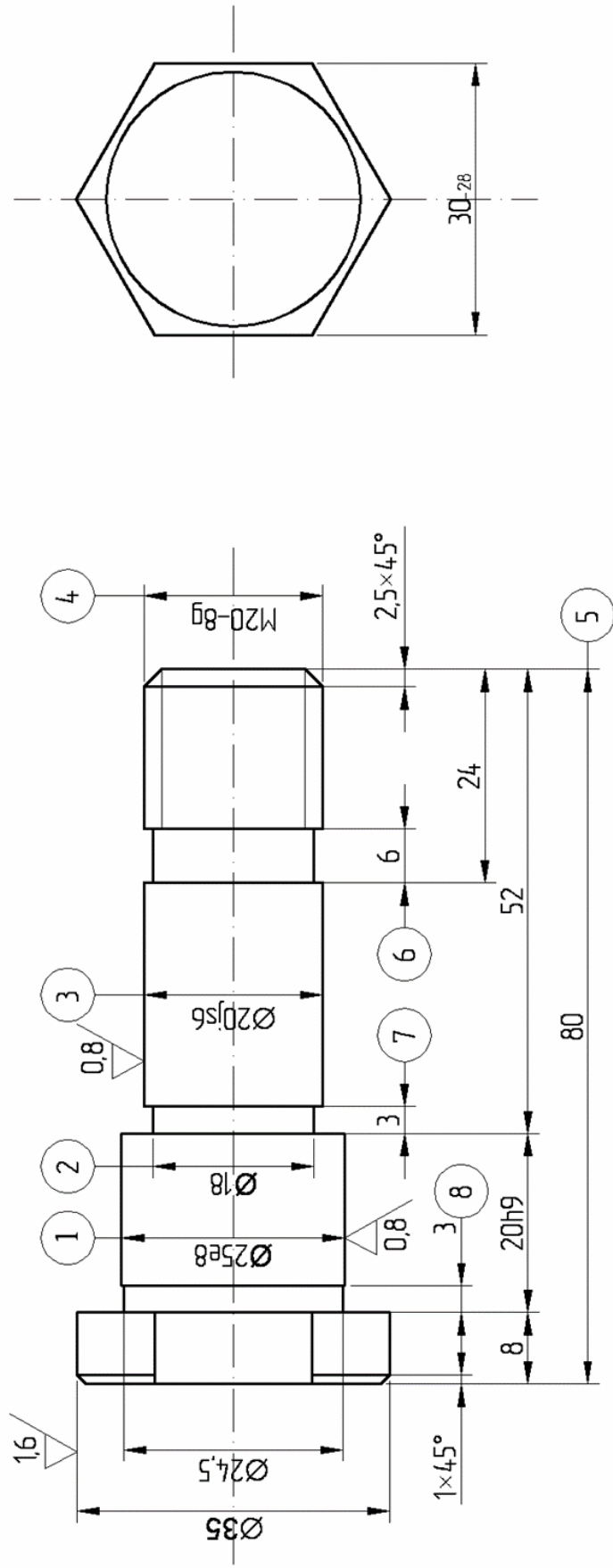
Рисунок 3.6 - Вариант 5 (шпиндель)



- 1 56...61 HRCз, кроме места обозначенного особо
- 2 H14, -h14, ±IT/2
- 3 Покрытие Хим. Окс. прт.

Рисунок 3.7 - Вариант 6 (ползун)

6.3/ (✓)



1. Неуказанные отклонения размеров:
валов h14; остальных $\pm IT14/2$

Рисунок 3.8 - Вариант 7 (ось)

5 ✓(✓)

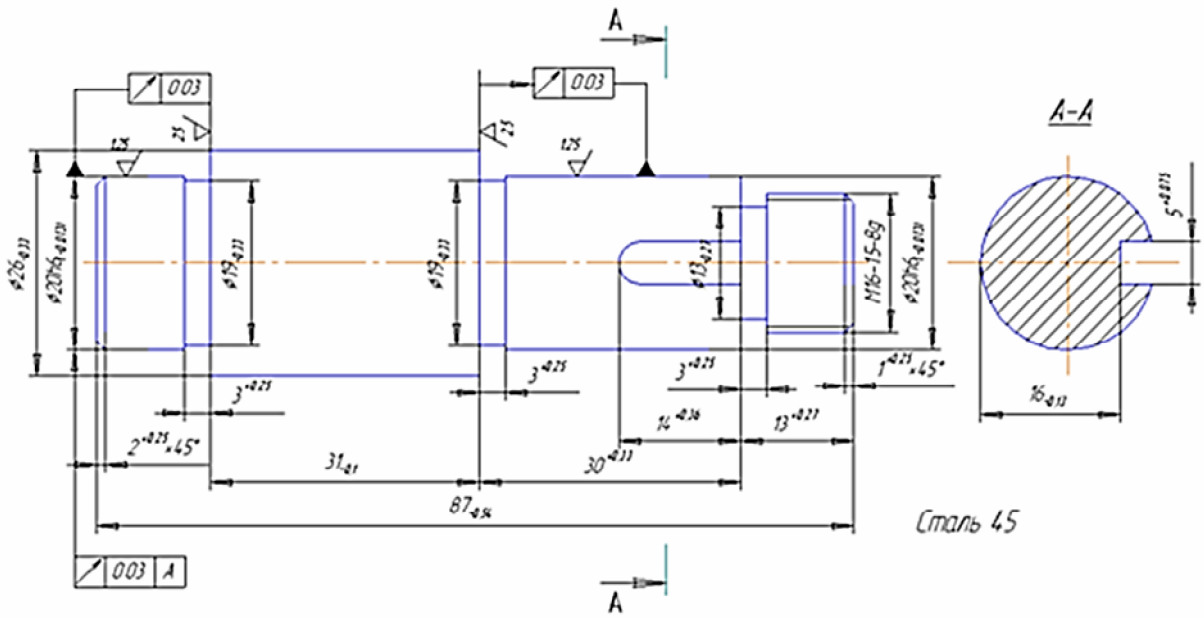
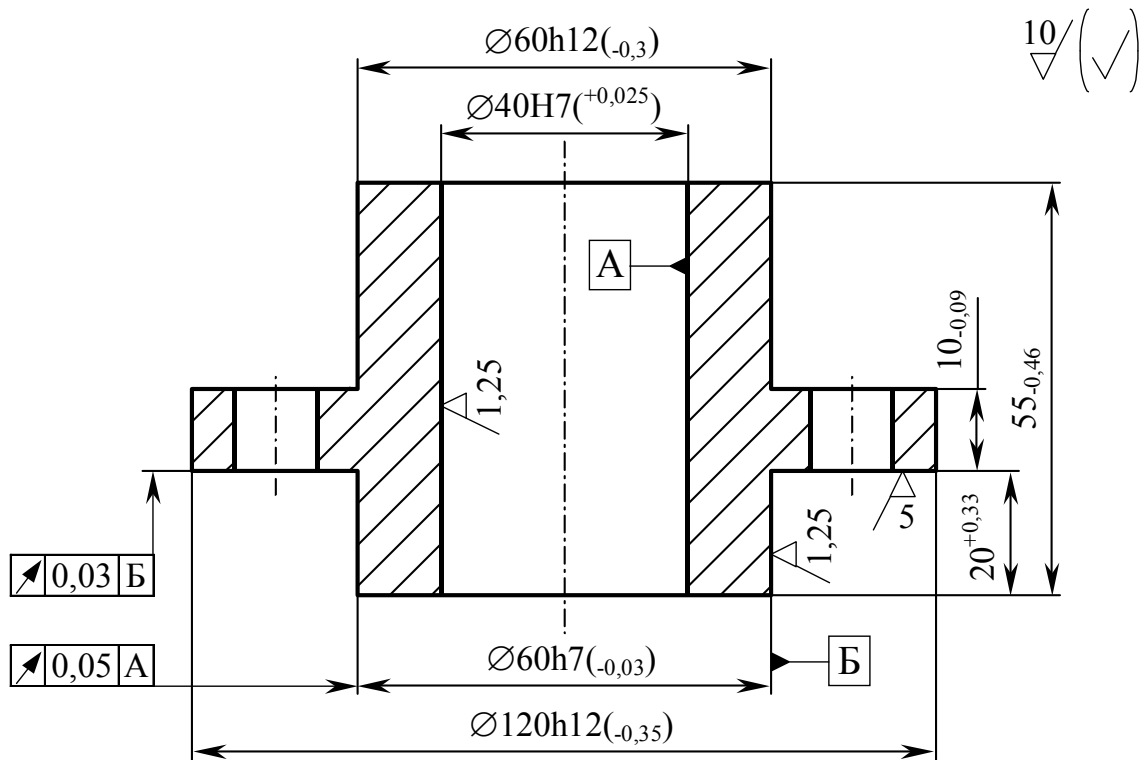
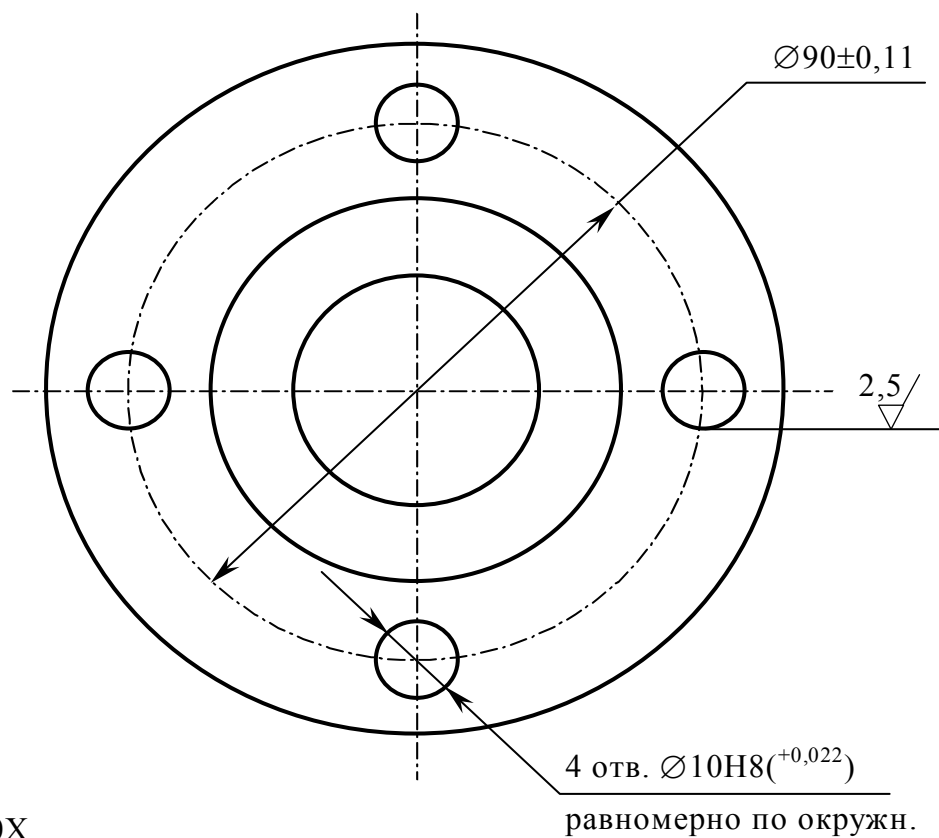


Рисунок 3.9 - Вариант 8 (валик)





1. Сталь 40X

2. h14; H14; $\pm \frac{\text{IT}14}{2}$

3. Смещение оси 4-х отверстий $\varnothing 18\text{H}8$ (ось $\varnothing 90 \pm 0,11$) относительно оси пов. Б не более 0,1 мм.

Рисунок 3.10 - Вариант 9 (валик)

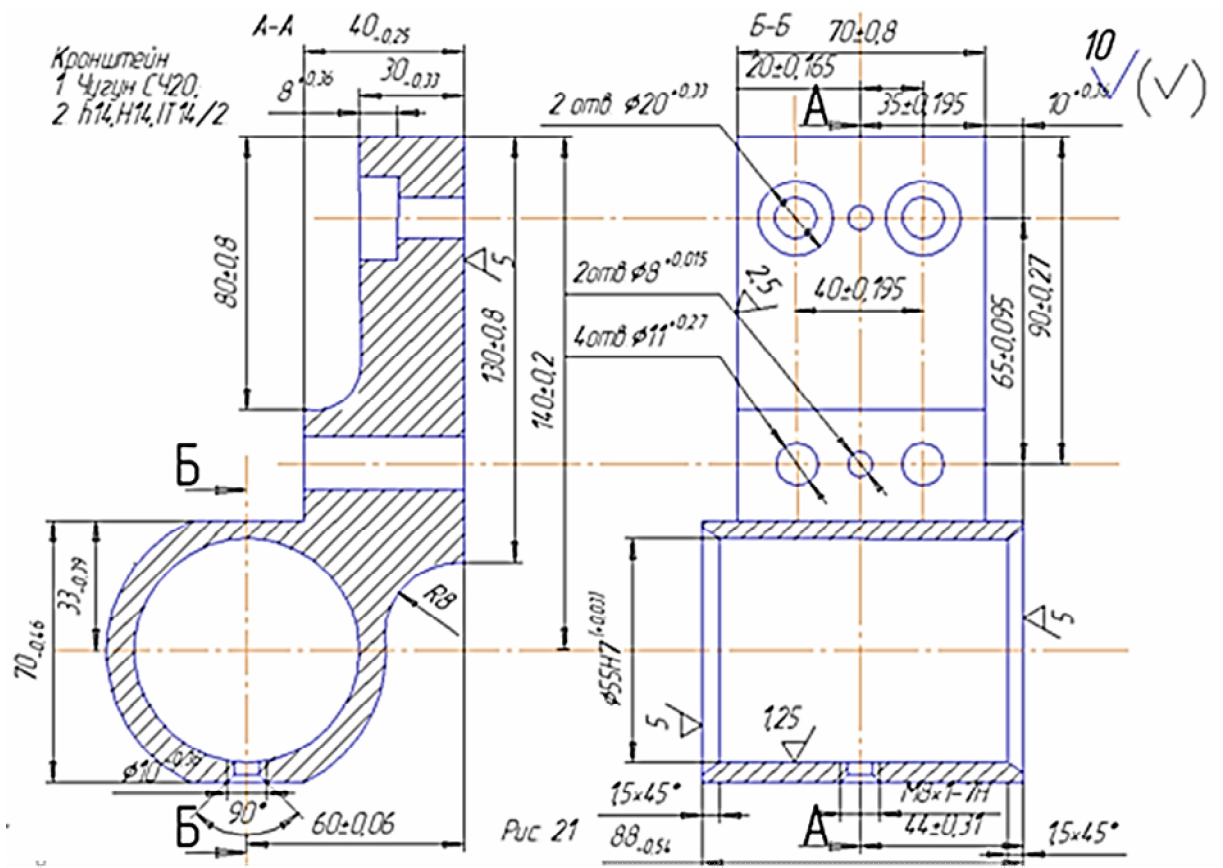


Рисунок 3.11 - Вариант 10 (кронштейн)

ЛИТЕРАТУРА

1 Гартман, Т. Н. Основы компьютерного моделирования химико-технологических процессов : учебное пособие для вузов / Т. Н. Гартман, Д. В. Клушин. – М. : Академкнига, 2006. – 416 с.

2 Касаткин, А. Г. Основные процессы и аппараты химической технологии / А. Г. Касаткин. – М. : Альянс, 2005. – 750с.

3 Чистякова, Т. Б. Математическое моделирование химико-технологических объектов с распределенными параметрами : учебное пособие для вузов / Т. Б. Чистякова, А. Н. Полосин, Л. В. Гольцева. – СПб. : ЦОП «Профессия», 2010. – 240 с.

4 Малыхина, М.П. Базы данных: основы, проектирование, использование: учебное пособие для вузов по направлению подготовки "Информатика и вычислительная техника" / М. П. Малыхина. - 2-е изд. - СПб. : БХВ-Петербург, 2006. - 517 с.

5 Гольцева, Л. В. Математическое моделирование химико – технологических процессов. Базовый курс : учебное пособие для студентов заочной формы обучения /Л. В. Гольцева, А. В. Козлов, А. Н. Полосин. – СПб. : СПбГТИ(ТУ), 2012. – 86 с.

6 Норенков, И.П. Автоматизированные информационные системы: учебн. пособие / И. П. Норенков. – М.: Изд-во МГТУ им. Баумана, 2011. – 342 с.

Кафедра систем автоматизированного проектирования и управления

АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ

КОНТРОЛЬНЫЕ РАБОТЫ

Методические указания к выполнению
контрольных работ
для студентов заочной формы обучения
направления подготовки «Химическая технология»

Лариса Владимировна Гольцева
Андрей Васильевич Козлов
Николай Валентинович Романов

Отпечатано с оригинал-макета. Формат 60x90^{1/16}
Печ. л. 2,88. Тираж 30 экз. Заказ №

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Санкт-Петербургский государственный технологический институт
(технический университет)»
(СПбГТИ(ТУ))

190013, Санкт-Петербург, Московский пр., 26

Типография издательства СПбГТИ(ТУ), тел. 494-93-65