

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ**

**ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ**

**«ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**(ДГТУ)**

Факультет «Технология машиностроения»

Кафедра «Технологии формообразования и художественная обработка материалов»

Составитель: доцент кафедры ТФ и ХОМ Ефремова Е.А..

Методические указания

к контрольной работе по дисциплине

**«Модернизация и инжиниринг оборудования в отрасли»**

Ростов–на–Дону

2024

Практические работы являются завершающим этапом изучения раздела «Модернизация и инжиниринг оборудования в отрасли» дисциплины «Модернизация и инжиниринг оборудования в отрасли», который посвящен изучению и анализу возможности модернизации кузнечнопрессового оборудования. Поэтому в соответствии с учебной программой для закрепления изучаемого теоретического материала студентам необходимо выполнить контрольную работу - расчеты основных элементов и узлов кривошипного оборудования.

В процессе выполнения этой работы студенты учатся рассчитывать основные элементы привода кривошипного оборудования и получают необходимые навыки самостоятельной работы.

Каждая контрольная работа должна начинаться с изучения целевой установки и методики ее выполнения. Затем необходимо взять из методических указаний к контрольным работам все данные, необходимые для выполнения расчетной работы, выполнить расчет и составить отчет. Для более детального изучения отдельных вопросов необходимо использовать литературу, которая приводится в конце методических указаний.

Отчет о выполненных практических работах выполняется в формате А4 (210×297мм) и оформляется в соответствии с ГОСТ 2.105-95 «Общие требования к текстовым документам.

Номер варианта для выполнения практических работ выдает преподаватель на первом занятии.

Варианты задания

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Наименование параметров | Варианты задания | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Номинальное усилие пресса, кН | 100 | 125 | 160 | 200 | 250 |
| Ход ползуна, мм  наибольший  наименьший | 45  10 | 50  10 | 55  10 | 60  10 | 60  15 |
| Рабочий ход при вырубке, мм | 1,0 | 1,5 | 2,0 | 2,5 | 3,0 |
| Длина шатуна, мм | 300 | 325 | 350 | 375 | 400 |
| Расстояние от оси пресса до станины (вылет) «а», м | 0,12 | 0,14 | 0,16 | 0,18 | 0,19 |
| Высота боковой стенки станины «Н1», м | 0,4 | 0,45 | 0,48 | 0,50 | 0,55 |
| Толщина боковой стенки станины «В1», м | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,025 |
| Толщина переднего  усиленного силового пояса станины «В», м | 0,06 | 0,07 | 0,08 | 0,09 | 0,1 |
| Число ходов ползуна в минуту при непрерывной работе, мин-1 | 170 | 150 | 140 | 130 | 120 |
| Время цикла при работе на одиночных ходах, с | 1,5 | 1,6 | 1,7 | 1,8 | 1,9 |
| Момент инерции вала с закрепленными на нем деталями, кг×м2  коленчатого  приводного | 0,2  - | 0,4  - | 0,6  - | 1  - | 2  - |
| Расчетный крутящий момент, передаваемый муфтой включения, МН×м | 0,002 | 0,003 | 0,005 | 0,008 | 0,010 |
| Момент инерции ведомых частей без дисков муфты и тормоза, приведенный к валу муфты, кг×м2 | 0,002 | 0,003 | 0,005 | 0,008 | 0,01 |
| Угловая скорость вращения вала муфты, с-1 | 60 | 60 | 60 | 55 | 55 |
| Передаточное число от вала муфты к коленчатому валу | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Наименование параметров | Варианты задания | | | | |
| 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Номинал. усилие пресса, кН | 315 | 400 | 500 | 630 | 800 |
| Ход ползуна, мм  наибольший  наименьший | 65  15 | 70  16 | 80  25 | 85  25 | 100  25 |
| Раб. ход при вырубке, мм | 3,5 | 4,0 | 4,5 | 5,0 | 5,5 |
| Длина шатуна, мм | 430 | 450 | 500 | 550 | 600 |
| Расстояние от оси пресса до станины (вылет) «а», мм | 0,2 | 0,22 | 0,24 | 0,26 | 0,28 |
| Высота боковой стенки станины «Н1», м | 0,6 | 0,65 | 0.7 | 0,75 | 0,8 |
| Толщина боковой стенки станины «В1», м | 0,025 | 0,025 | 0,03 | 0,03 | 0,035 |
| Толщина переднего усиленного силового пояса станины «В», м | 0,12 | 0,15 | 0,16 | 0,18 | 0,20 |
| Число ходов ползуна в минуту при непрерывной работе, мин-1 | 110 | 100 | 95 | 90 | 90 |
| Время цикла при работе на одиночных ходах, с | 2,0 | 2,1 | 2,2 | 2,3 | 2,4 |
| Момент инерции вала с закрепленными на нем деталями, кг×м2  коленчатого  приводного | 4  - | 5  - | 8  - | 10  - | 16  - |
| Расчетный крутящий момент, передаваемый муфтой включения, МН×м | 0,015 | 0,02 | 0,025 | 0,030 | 0,04 |
| Момент инерции ведомых частей без дисков муфты и тормоза, приведенный к валу муфты, кг×м2 | 1,0 | 1,5 | 2 | 5 | 6 |
| Угловая скорость вращения вала муфты, с-1 | 55 | 55 | 50 | 50 | 50 |
| Передаточное число от вала муфты к коленчатому валу | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Наименование параметров | Варианты задания | | | | |
| 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
| Номинал. усилие пресса, кН | 100 | 160 | 200 | 250 | 315 |
| Ход ползуна, мм  наибольший  наименьший | 55  15 | 60  20 | 70  20 | 70  20 | 70  20 |
| Рабочий ход при вырубке, мм | 1,5 | 2,5 | 3,0 | 3,5 | 4,0 |
| Длина шатуна, мм | 350 | 450 | 500 | 550 | 600 |
| Расстояние от оси пресса до станины (вылет) «а», мм | 0,13 | 0,17 | 0,19 | 0,21 | 0,23 |
| Высота боковой стенки станины «Н1», м | 0,45 | 0,52 | 0,55 | 0,60 | 0,65 |
| Толщина боковой стенки станины «В1», м | 0,02 | 0,02 | 0,025 | 0,025 | 0,03 |
| Толщина переднего  усиленного силового пояса станины «В», м | 0,07 | 0,09 | 0,1 | 0,12 | 0,15 |
| Число ходов ползуна в минуту при непрерывной работе,  мин-1 | 60 | 60 | 60 | 55 | 55 |
| Время цикла при работе на одиночных ходах, с | 2,0 | 2,2 | 2,3 | 2,4 | 2,5 |
| Момент инерции вала с закрепленными на нем деталями, кг×м2  коленчатого  приводного | 1  0,02 | 3  0,06 | 5  0,10 | 10  0,20 | 20  0,40 |
| Расчетный крутящий момент, передаваемый муфтой включения, МН×м | 0,05 | 0,02 | 0,03 | 0,05 | 0,08 |
| Момент инерции ведомых частей без дисков муфты и тормоза, приведенный к валу муфты, кг×м2 | 10 | 0,08 | 0,15 | 0,5 | 0,8 |
| Угловая скорость вращения вала муфты, с-1 | 45 | 45 | 45 | 40 | 40 |
| Передаточное число от вала муфты к коленчатому валу | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |

Расчетная работа

**Построение графика усилий по ползуну кривошипного пресса, допустимых прочностью коленчатого вала**

**в зависимости от угла его поворота**

1. Определение основных размеров коленчатого вала и шатуна.

Коленчатые валы кривошипно-ползунных механизмов кузнечно-прессовых машин могут выполняться в виде коленчатых валов или в виде обычных ступенчатых осей и валов шестерне эксцентрикового типа. Размеры коленчатых валов кривошипных машин во многом определяют технологические параметры и размеры самой машины. Поэтому их конструированию уделяют особое внимание. При необходимости регулирования величины хода ползуна кривошипного пресса обычно используют два типа коленчатых валов: кривошипные или эксцентриковые валы (рис.2.1.). Конструктивное исполнение такого вала (поз.1) позволяет установить на шатунной шейке эксцентрик (поз. 2), поворотом которого изменяется суммарный эксцентриситет, а, следовательно, и полный ход ползуна.

1.1. По номинальному усилию пресса на основании эмпирических соотношений определяется диаметр опорных шеек вала *d0* (см) [1, с.54]:

, (мм)

где *РН* – номинальное усилие пресса, МН.

Величина *d0* округляется до ближайшего большего значения по ГОСТ6636.

1.2. Определяется диаметр шейки консоли вала для маховика с муфтой включения, который на 5÷20мм меньше диаметра опорных шеек, т.е.:

*dм* = *d0* – (5÷20).

Величина *dм* округляем до ближайшего большего значения по ГОСТ6636.

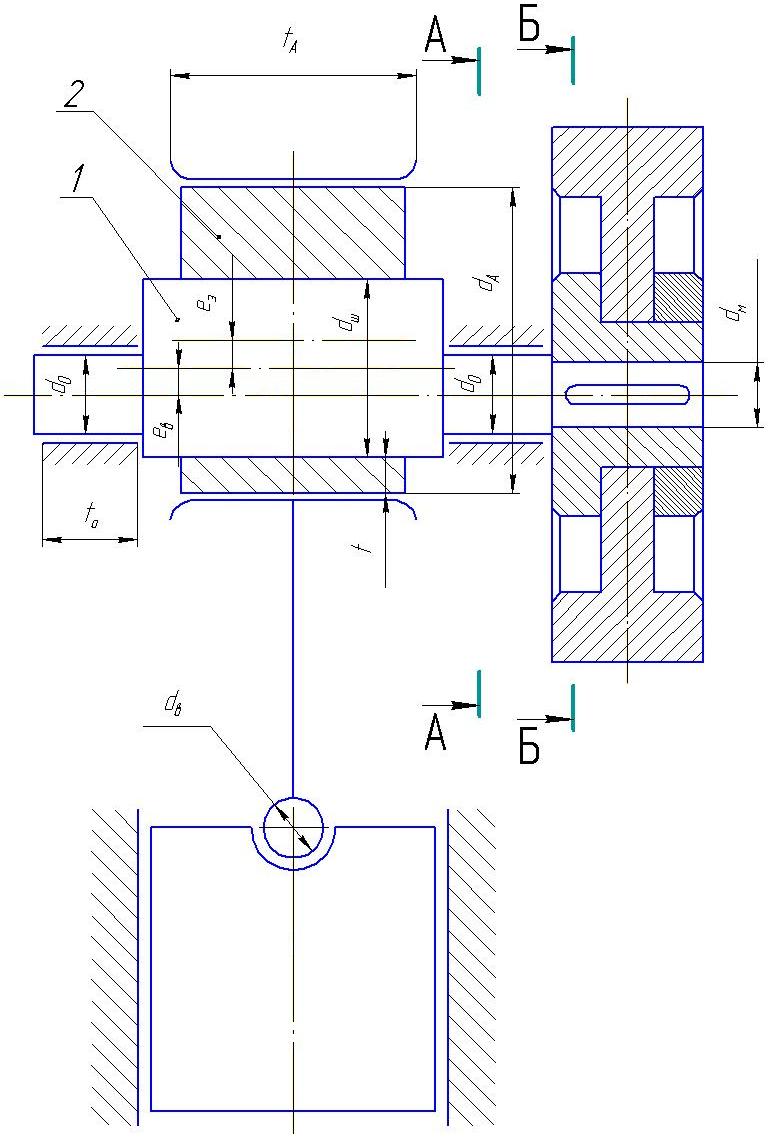


Рис. 1 - Схема эксцентрикового вала: 1 – вал эксцентриковый; 2 – втулка эксцентриковая

1.3. Для расчёта диаметров шатунной шейки и эксцентрика регулировки ползуна вычисляют эксцентриситет шатунной шейки вала eв и эксцентрика eэ:

 , (мм)

где НМАКС , НМИН- наибольший и наименьший ход ползуна, мм.

Диаметр шатунной шейки вала вычисляется по формуле:

.

Величина dш округляется до ближайшего большего значения по ГОСТ6636.

Диаметр эксцентрика для регулировки хода ползуна рассчитывается по формуле:

,

где t- минимальная толщина стенки эксцентрика, мм;

В зависимости от размера *d0* принимается величина t = 10÷30мм.

Величина dа округляется до ближайшего большего значения по ГОСТ6636.

1.4. Длина шатунной шейки вала (*lа*) и длина опорных шеек вала (*lо*) рассчитываются по допускаемому произведению [qэVэ] [1, с.45÷46]:

где n – число оборотов вала в минуту; р – коэффициент использования числа ходов (рекомендуется принимать р=0,5);

Рср – среднее усилие, которое действует в течение рабочего хода, кН; αр – рабочий угол (рекомендуется принимать αр =0,5 радиана); qэ – эквивалентное удельное усилие; Vэ – эквивалентная скорость скольжения в сочленении; [qЭvЭ]– допускаемое произведение эквивалентного удельного усилия и эквивалентной скорости скольжения в сочленении (см. табл. 2.1).

Величина Рср рассчитывается по формуле

Рср = 0,6×Рн.

Таблица 1 - Значения [qЭvЭ] для втулок и вкладышей из бронзы Бр0101Ф1

|  |  |
| --- | --- |
| Наименование элемента | Значение [qЭvЭ],кН/м×с |
| Шатунная шейка вала  Опорная шейка вала | 800  300 |

Величины *l*а и *l0* округляются до ближайших больших значений по ГОСТ6636.

1.5.Радиус кривошипа рассчитывается по формуле:

R = eВ + eЭ (мм)

Определим коэффициент шатуна:

λ = R/L,

где L – длина шатуна (см. табл. 2.2.), мм;

Таблица 2 - Рекомендуемые значения длины шатуна

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Номинальное усилие пресса, РН, кН | 40 | 63 | 100 | 160 | 250 | 400 | 630 | 1000 | 1600 | 2000 |
| Наименьшая длина шатуна, λ, мм | 220 | 250 | 300 | 350 | 400 | 450 | 520 | 600 | 700 | 800 |

1.6. По формуле [2, с.275] рассчитывается диаметр ползунной сферической головки шатуна *dВ*:

, (мм),

где РН – номинальное усилие пресса, кН; [qв] – допускаемое удельное усилие для пары сталь-чугун (принимается [qв] = 60МПа);

Величина *dВ* округляется до ближайшего большего значения из ряда нормальных диаметров по ГОСТ6636.

2. Расчет величины приведенного плеча силы.

2.1. Приведенное плечо силы рассчитывается по формуле [1, с.24]

, (м)

где *mkα* – приведенное идеальное плечо, мм; *mkf* – приведенное плечо трения, мм

,

,

где *R* – радиус кривошипа, мм; *dА*, *dВ, d0,* – размеры эксцентрикового вала (см. рис.2.1), мм; α – угол поворота кривошипа.

Угол α отсчитывается от крайнего нижнего положения в строну противоположную вращению коленчатого вала и изменяется в пределах от 00 до 900.

2.2. Результаты расчетов свести в таблицу 2.3.

Таблица 3 - Результаты расчета приведенного плеча силы

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Угол поворота коленчатого вала,  , град | 0 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 |
| Приведенное плечо силы, mк, м |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

2.3. Построить график изменения приведенного плеча силы в зависимости от угла поворота коленчатого вала

3. Расчет усилий по ползуну допускаемых прочностью

эксцентрикового вала

3.1. Рассчитать усилия по ползуну, допускаемые прочностью двух опасных сечений «А-А» и «Б-Б» эксцентрикового вала. Вычисления проводить в пределах изменения угла поворота коленчатого вала α от 00 до 900 по формулам:

- для сечения «А-А» [1, с.54]

, (кН)

- для сечения «Б-Б» [2, с.139]

, (кН)

где d0, dм, l0 – размеры эксцентрикового вала (см. рис.2.1), м;

σ-1и – предел выносливости при изгибе с симметричным циклом нагружения (для стали 40Х, термообработка и улучшение, σ-1и= 360000 кПа); Кп – коэффициент запаса прочности (Кп =1,3);

Кэ – коэффициент эквивалентной нагрузки (КЭ =0,8);

Фаσ, Фаτ, ФБτ – коэффициенты, учитывающие параметры диаграммы предельных напряжений, концентрацию напряжений, качество обработки и масштабный фактор, для сечений «А-А» и «Б-Б», соответственно (графики для их определения приведены на рис 2.2. или [1, стр.55]); mk – приведенное плечо силы, м.

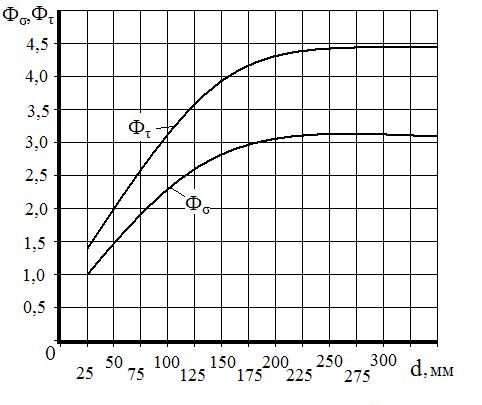


Рис. 2 - Значения Фσ и Фτ для стали 40Х (термообработка, улучшение, r/d = 0,08)

2.3.2. Результаты расчетов допустимых усилий свести в таблицу 2.4.

Таблица 4 - Результаты усилий по ползуну допускаемых прочностью эксцентрикового вала

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Угол поворота коленчатого вала,  , град | | 0 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 |
| Допускаемое усилие в опасном сечении, кН |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

4. Построение графика усилий по ползуну, допускаемых прочностью коленчатого вала.

4.1. Для построения графика усилий по ползуну, допускаемых прочностью коленчатого вала, на оси абсцисс через каждые 100 наносят углы поворота кривошипа (α).

4.2. По данным табл. 2.4. построить графики усилий по ползуну, допускаемых прочностью двух опасных сечений («А-А» и «Б-Б») коленчатого (в нашем случае эксцентрикового) вала.

4.3. Через точку, которая соответствует номинальному усилию пресса РН, провести горизонтальную линию (РН)до пересечения с ближайшей кривой.

4.4. Контур, образованный горизонтальным участком РН и графиком (или участками двух графиков Раd и Рбd), допускающим наименьшее усилие, будет являться графиком усилий по ползуну, допускаемых прочностью коленчатого вала (см. заштрихованную зону на рис. 2.3.). Горизонтальный участок этого графика регламентирует усилие, допустимое прочностью станины, шатуна и ползуна, а криволинейный участок – усилия, допускаемые прочностью коленчатого вала в зависимости от угла поворота кривошипа (α).

4.5. Провести вертикаль через точку пересечения горизонтали с ближайшей кривой. Она отсекает на оси абсцисс так называемый номинальный угол поворота коленчатого вала (αн) т.е. угол, начиная с которого на ползуне допускается номинальное усилие.

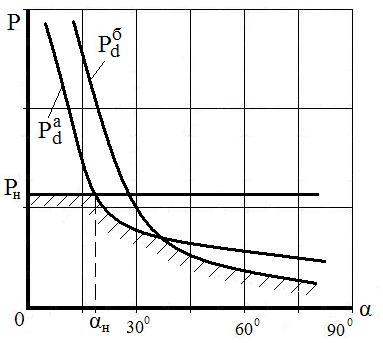


Рис. 3. График усилий по ползуну, допускаемых прочностью коленчатого вала

5. Анализ результатов расчетов и выводы по работе

5.1. Провести анализ правильности выбора диаметров шеек эксцентрикового вала по величине номинального угла поворота коленчатого вала (αн).

Для однокривошипных универсальных прессов простого действия оптимальная величина номинального угла поворота коленчатого вала αн должна составлять 200÷300. Если номинальный угол меньше этого интервала, то диаметр шеек занижен, а если больше - завышен. В любом из этих случаев необходимо пересчитать размеру эксцентрикового вала и построить новый график допустимых усилий

5.2. Сделать выводы по работе:

- о степени совпадения величины номинального угла поворота коленчатого вала (αн) с ее оптимальным значением и о правильности выбора диаметров шеек эксцентрикового вала и их величине.

Литература

1. Живов Л.И., Овчинников А.Г., Складчиков Е.Н. Кузнечно-штамповочное оборудование: Учебник для вузов / Под ред. Л.И. Живова. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2006. – 560 с.

2. Банкетов А.Н., Бочаров Ю.А., Добринский Н.С. и др. Кузнечно-штамповочное оборудование. -М.: Машиностроение,1982 – 576 с.

3. Мансуров А.М. Специальные кузнечно-прессовые машины и автоматизированные комплексы кузнечно-штамповочного производства. Справочник. М.: Машиностроение 1990.

4. Назаренко Е.С. Расчет энергетической характеристики кривошипных прессов простого действия: Сб. научн. тр. ЭНИКМАШ. Вып.1: Исследование и расчет машин кузнечно-штамповочного производства. / ЭНИКМАШ – Воронеж, 1959, с 10-27.

5. Власов В.И. Системы включения кривошипных прессов. М.: Машиностроение. 1969.-272с.