

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования

**Санкт-Петербургский государственный технологический  
университет растительных полимеров**

---

# **МАШИНЫ И АППАРАТЫ ХИМИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВ**

**Методические указания по расчету курсового  
проекта**

Санкт-Петербург  
2008

**Федеральное агентство по образованию**

**Государственное образовательное учреждение  
высшего и профессионального образования**

**“Санкт-Петербургский государственный  
технологический университет растительных  
полимеров”**

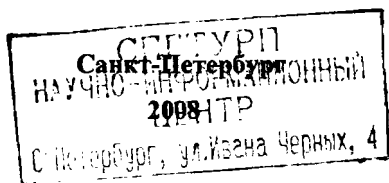
**Кафедра машин автоматизированных систем**

**МАШИНЫ И АППАРАТЫ ХИМИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВ**

**Методические указания к расчету курсового проекта**

**Факультет - механики автоматизированных производств**

**Специальность: 240801-“Машины и аппараты химических  
производств”**



УДК 675.05(073.8)

Машины и аппараты химических производств: методические указания к расчету курсового проекта/ сост. Г.Ю. Бутко, А. А. Гаузе, А. О. Никифоров, Н. П. Мидуков; ГОУВПО СПбГТУРП. - СПб., 2008. - 18 с.

Изложены цели, задачи и содержание курсового проекта в системе учебного процесса. Рассмотрены состав и содержание разделов расчетно-пояснительной записки, даны указания по их выполнению. Изложены правила оформления расчетно-пояснительной записки и графической части работы.

Предназначены для студентов дневной формы, обучающихся по специальности 240801 "Машины и аппараты химических производств".

Рецензент: канд.техн.наук, доцент кафедры процессов и аппаратов химической технологии СПбГТУРП Ю. И. Тихонов

Подготовлены и рекомендованы к печати кафедрой машин автоматизированных систем Санкт-Петербургского государственного технологического университета растительных полимеров (протокол №7 от 09 июня 2008 г.).

Утверждены к изданию методической комиссией факультета механики автоматизированных производств СПбГТУРП (протокол №7 от 24 июня 2008 г.).

© Санкт-Петербургский государственный технологический университет растительных полимеров, 2008

Выпускная работа бакалавра является важным этапом учебного процесса, характеризующимся комплексным характером, когда соединяются и закрепляются знания, полученные на разных учебных курсах, изученных в разное время, а также практические знания, полученные в период прохождения всех видов практики.

С точки зрения механизма творчества, выпускная работа бакалавра по своей структуре представляет собой конкретную реализацию алгоритма решения технической задачи при заданных условиях (как правило, при заданной производительности оборудования), сформулированных в названии темы выпускной работы. При решении конкретной технической задачи производятся такие мыслительные операции, как анализ, сравнение, синтез и обобщение, на основе которых вырабатываются суждения, умозаключения, формулируемые в выпускной работе в виде технических решений. Дальнейшая проработка темы выпускной работы связана с определением оптимальных параметров машин, механизма или аппарата и обеспечением безопасности их эксплуатации, что подтверждается расчетом на прочность, жесткость, устойчивость, долговечность и герметичность.

Основными задачами при выполнении работы являются; совершенствование конструкции и технологического процесса, выполняемого той или иной машиной или аппаратом; сокращение удельных расходов полуфабрикатов, энергии, металлоемкости, занимаемой производственной площади; повышение надежности, долговечности, ремонтпригодности и безопасности, удобства монтажа и эксплуатации. В работе должны быть предусмотрены удобства и простота сборки и разборки узлов машины, легкость замены изношенных частей, бесшумность, отсутствие вибраций, малочисленность персонала, невозможность нечаянной поломки и удобство перевозки крупногабаритных деталей.

Должны быть максимально использованы новые конструкционные материалы, а сама конструкция должна быть предельно простой, технологичной в изготовлении и иметь высокий коэффициент полезного действия.

Обязательным является применение компьютера для проведения технологических и конструктивных расчетов по программам, разработанным кафедрой машин автоматизированных систем, а также выполнение расчетов по оптимизации основных параметров конструкции с целью снижения капитальных затрат и эксплуатационных расходов.

Темой выпускной работы является разработка одного из видов оборудования подготовительного цикла целлюлозно-бумажного производства: корообдирочные барабаны, рубительные машины, дефибреры, размалывающие машины, сортировки; или одного из видов машин или аппаратов химического производства: дробилки, теплообменники, ректификационные колонны, фильтры, выпарные аппараты, центрифуги, варочные котлы и т.п.

В отдельных случаях по согласованию с руководителем в качестве темы работы может быть предложено индивидуальное задание, содержащее элементы научно-исследовательской работы.

Задание на выпускную работу выдается каждому студенту с обязательным указанием в задании состава расчетно-пояснительной записки и графической части. Задание на выпускную работу прикладывается к расчетно-пояснительной записке после титульного листа.

Тема выпускной работы утверждается приказом ректора университета

## 1. ОБЪЁМ ВЫПУСКНОЙ РАБОТЫ

Расчетно-пояснительная записка выпускной работы состоит из 25-40 страниц текста на писчей бумаге формата А4 (210x297 мм).

Графическая часть работы выполняется на 2-4 листах формата А1 с размерами сторон 594x841 мм.

Расчетно-пояснительная записка включает: титульный лист, задание на выпускную работу, содержание (оглавление) расчетно-пояснительной записки с указанием страниц начала разделов и следующие разделы:

Введение.

1. Технические решения, принятые в работе.
2. Технологические расчеты, определяющие основные размеры оборудования на базе заданной производительности.
3. Конструктивные расчёты на прочность, жёсткость, устойчивость, долговечность и герметичность, определяющие размеры элементарного оборудования.
4. Расчёт потребляемой мощности.
5. Экологическая безопасность объекта разработки.
6. Выводы по работе.
7. Библиографический список.

## 2. ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ РАСЧЁТНО-ПОЯСНИТЕЛЬНОЙ ЗАПИСКИ

Текстовая часть расчетно-пояснительной записки выполняется рукописным способом на одной стороне белой бумаги формата А4 (297x210 мм) черными чернилами или черной пастой (шариковой авторучкой). Допускается выполнение записки машинописным способом через два межстрочных интервала.

Поля должны оставаться по всем четырем сторонам листа. Размер левого поля - 35 мм, правого - 10 мм, верхнего и нижнего по 20 мм, без рамки.

Разделы (главы) расчетно-пояснительной записки должны быть пронумерованы арабскими цифрами, например: Введение; 1. Технические решения, принятые в работе; и т.д.

Текст разделов (глав) разделяется на подразделы (параграфы) и пункты.

Подразделы нумеруются арабскими цифрами в пределах каждого раздела. Номер подраздела состоит из номера раздела и номера подраздела, разделённых точкой, например: 2.1. Показатели качества сульфитной целлюлозы марки Ж-3.

Пункты нумеруются арабскими цифрами в пределах каждого подраздела. Номер пункта состоит из номеров раздела, подраздела и пункта, разделёнными точками, например: 2.2.3. Принципиальные схемы дефибреров.

Заголовки разделов пишутся прописными (большими) буквами, заголовки подразделов - строчными. Заголовки и подзаголовки не подчеркиваются.

Нумерация страниц записки делается сквозной: первой страницей является титульный лист, второй - задание на выпускную работу, третьей - содержание. Номер страницы проставляется внизу на нижнем поле на расстоянии 10 мм от обреза листа.

Предложения и, тем более, слова, расположенные в нижней части листа, не следует разрывать и переносить на следующий лист, так как при исправлении текста или замене листов придется переписывать не один, а несколько листов.

Рисунки и таблицы, которые располагаются на отдельных страницах, включаются в общую нумерацию. Список литературы и приложения также включаются в сквозную нумерацию.

Все единицы измерения, используемые в расчетно-пояснительной записке, должны быть выражены в системе СИ по ГОСТ 8.417-81 и быть единообразными по всему тексту записки.

Символы, входящие в формулы, выписываются в колонку под формулой, начиная от левого поля листа после слова "где". В конце расшифровки каждого обозначения указывается его размерность, с которой оно подставляется в формулу. Если в формулу будут подставляться числовые

значения, то после расшифровки символа указывается его величина и размерность. Например:

- где  $D$  - диаметр вала, равный 865 мм;  
 $V$  - скорость машины, равная  $15 \text{ с}^{-1}$ ;  
 $g$  - ускорение силы тяжести, равное  $9,81 \text{ м} \cdot \text{с}^{-2}$ ;  
 $H$  - давление рабочей среды, равное 1,2 МПа.

Количество иллюстраций, помещаемых в расчетно-пояснительной записке, определяется её содержанием и должно быть достаточным для того, чтобы придать тексту ясность и конкретность. Все иллюстрации (схемы, эскизы, чертежи, графики и фотографии) именуется рисунками. Рисунки имеют сквозную нумерацию арабскими цифрами.

При ссылке на рисунок указывается его номер, например: (рис.23).

Рисунки должны размещаться сразу после ссылки на них в тексте, их желательно размещать таким образом, чтобы не было необходимости разворачивать записку. Если такое размещение невозможно, то рисунки располагаются так, чтобы при их просмотре нужно было поворачивать записку по часовой стрелке. Подпись в этом случае располагается вдоль правого поля листа в пределах его рабочей площади. При необходимости рисунок сопровождается пояснительной подписью, например:

Рис. 9. Технологическая схема отбельной установки:

1 - дисковый смеситель; 2 - поглотительная колонка;

3 - хлоратор

Рисунки выполняются на той же бумаге, на которой пишется текст записки.

Рисунки выполняются тушью, черной пастой или простым мягким карандашом. Подписи к рисункам делаются тушью или пастой.

Графики выполняются либо в тексте, либо на отдельных листах, причем последнее предпочтительнее. Графики должны располагаться в координатной сетке. Координаты подписываются с указанием размерностей аргумента и функции, например:

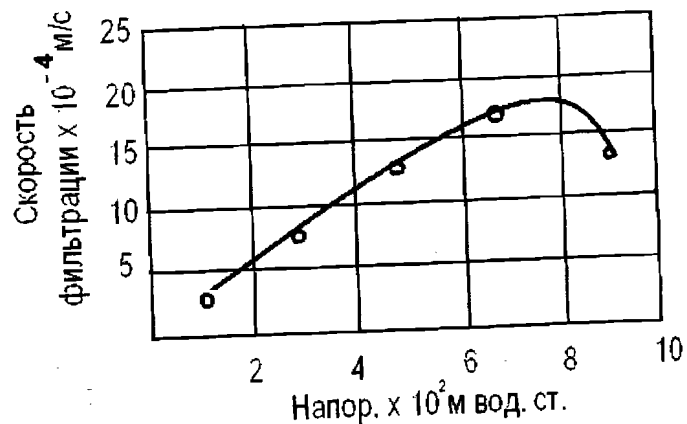


Рис.1. Пример оформления графика результатов научных исследований

Допускается использование цветных рисунков из рекламных проспектов.

В таблицы сводятся качественные показатели вырабатываемой продукции, характеристики оборудования и его узлов, результаты технологических и конструктивных расчетов, а также результаты экспериментов. Таблицу следует размещать после первого упоминания о ней в тексте. Таблицы помещаются так, чтобы при их чтении не нужно было разворачивать записку по часовой стрелке. При переносе таблицы на следующую страницу головка таблицы не повторяется, в этом случае нумеруются графы, и их нумерация повторяется на следующей странице. Заголовок таблицы также не повторяется, однако в правой стороне делается надпись: Продолжение табл. 4 или Окончание табл.4.

Каждая таблица должна иметь содержательный заголовок (название). Заголовок помещается под словом "Таблица". Заголовок не подчеркивается. Слово "Таблица" пишется в правой стороне сверху от таблицы. Таблицы имеют сквозную нумерацию арабскими цифрами по всей записке. При ссылке на таблицу указывают её номер и слово «таблица» пишется в сокращенном виде, например: (табл. 4).

Таблицу желательно размещать на одном листе.

Формулы нумеруются в случае, когда производятся какие-либо математические преобразования и выводы. Нумерация формул производится арабскими цифрами, заключенными в скобки и размещёнными справа от формулы на уровне нижней строки формулы в середине свободного промежутка между формулой и правым полем. При ссылке в тексте на формулу указывается её номер в скобках, например: в формуле (24).

При ссылке в тексте на источник документальной информации приводится порядковый номер по списку литературы, заключенный в квадратные скобки.

Распечатки с компьютера, программа и алгоритмы решаемых задач при их объеме до трех страниц располагаются непосредственно по тексту изложения, при большем объеме они рассматриваются в качестве приложения и помещаются в конце записки перед спецификациями к чертежам. В распечатке цветной пометой выделяются нужные результаты или данные, которые в дальнейшем используются в расчетах.

В перечень использованной литературы включаются все использованные при написании записки источники (книги, журналы, отчеты НИР, диссертации, тезисы докладов и т.д.). Они размещаются в порядке появления ссылок в тексте записки.

Сведения о книгах (учебники, монографии, справочники и т.д.) включают фамилию и затем инициалы автора, название книги, место издания, издательство и год издания (после даты издания буква "г" не проставляется). При наличии трех и более авторов допускается указывать фамилию и инициалы только первого из них и слово "и др."

Сведения об отчете НИР включают заглавие отчета, наименование организации, выпустившей отчет, его номер государственной регистрации, фамилию и инициалы руководителя НИР, город и год выпуска.

### 3. СОДЕРЖАНИЕ РАЗДЕЛОВ РАСЧЕТНО-ПОЯСНИТЕЛЬНОЙ ЗАПИСКИ

Титульный лист к расчетно-пояснительной записке имеет стандартную форму, представленную в Приложении 1.

Формулировка темы выпускной работы на титульном листе не должна отличаться от формулировки темы в приказе ректора университета, утверждающем темы выпускных работ.

Задание на выпускную работу выдается руководителем выпускной работы в начале последнего учебного семестра в виде листа стандартной формы, заполняемого самим руководителем, с указанием состава расчетно-пояснительной записки и графической части.

Задача раздела "Введение" - показать актуальность и экономическую целесообразность темы выпускной работы и обосновать по существу необходимость её разработки. Актуальность темы определяется потребностями рынка и народного хозяйства, её разработка должна быть направлена на повышение качества производимой продукции и снижения её себестоимости путем сокращения капитальных и текущих затрат на единицу вырабатываемой продукции. Для написания "Введения" используется литература, рекомендуемая руководителем, а также литература, имеющаяся в научно-технической библиотеке университета. Сведения об имеющейся литературе по тому или иному вопросу можно почерпнуть в предметном каталоге библиотеки.

Технические решения, принятые в работе, являются основой работы и определяют её главные черты и особенности. Эти решения подлежат разработке в последующих разделах.

Раздел "Технические решения" начинается с характеристики вырабатываемой машиной или аппаратом продукции (подраздел 1.1). Показатели качества продукции представляются в виде извлечений из ГОСТов, технических условий и сертификатов на данный вид продукции.

ГОСТы на различные виды продукции целлюлозно-бумажной промышленности имеются в читальном зале библиотеки университета.

В подразделе 1.2 кратко излагаются физические и химические основы процессов, протекающих в разрабатываемой машине или аппарате (процессов рубки древесины, дефибрирования, размола, теплопереноса, выпаривания, варки, ректификации и т.п.).

Подраздел 1.3 представляет собой литературный обзор и критический анализ существующих вариантов конструкции разрабатываемого оборудования. Источником информации для выполнения этого раздела могут служить учебная литература, специальные технические журналы, рекламные проспекты.

Подраздел 1.4, представляет собой собственно технические решения и разрабатывается на базе первых трех подразделов. Он включает выбор, обоснование и подробное описание принимаемой к разработке конструкции оборудования и основные технические решения.

Технологические расчеты содержат выбор и определение основных конструктивных параметров машины, например, длины корообдирочного барабана, количества ножей рубительной машины, диаметра ротора размалывающей машины, габаритов питателей, варочного котла и варочных труб в установках непрерывной варки целлюлозы, диаметра и высоты ректификационной колонны, вида и мощности привода перемешивающего устройства в химическом реакторе на основе заданных технологических показателей: производительности, вида и качественных характеристик обрабатываемого материала. Окончательный выбор размеров согласовывается с требованиями стандарта для данного вида оборудования.

При проведении этих расчетов важное значение имеет правильный и обоснованный выбор всевозможных коэффициентов, таких как коэффициент загрузки оборудования и выхода кондиционной продукции; коэффициенты, характеризующие физические свойства сырья, полуфабрикатов и бумажной

массы; удельные характеристики работы оборудования (нагрузки, давления и т.п.).

Конструктивные расчеты включают расчет элементов конструкции на прочность, жесткость, устойчивость, долговечность, герметичность, критическую скорость и определяют размеры деталей и узлов оборудования.

Расчет должен быть, в первую очередь, произведен для конструктивно разрабатываемого узла машины или аппарата.

При проведении расчетов необходимо обращать особое внимание на определение действующих нагрузок, выбор материала деталей, запасов прочности.

Предпочтение следует отдавать материалам, обладающим наименьшей стоимостью при условии обеспечения необходимых расчетных характеристик по прочности, износу и коррозионностойкости.

Допускаемые напряжения должны рассчитываться для конкретных опасных сечений детали с учетом характера действующих нагрузок, габаритов детали, её конфигурации и способа изготовления.

При определении действующих нагрузок можно пользоваться как аналитическими методами их расчета, так и графоаналитическими в случае нагружения детали большим количеством силовых факторов.

Текст записки иллюстрируется схемами и эскизами деталей, подвергаемых расчету. При выполнении расчетов следует работать в системе СИ, входящие в формулы величины должны обязательно иметь расшифровку с указанием размерности, полученные расчетом величины также должны иметь размерность.

Расчеты желательно производить с точностью не более трех значащих цифр. Необходимо помнить, что принимаемые допущения при расчетах (схемы нагружения, силы, характеристики материалов и др.) содержат существенные ошибки.

Расчет потребляемой мощности расчлняется на несколько составляющих и включает расчёт полезной мощности, которая затрачивается на выполнение конкретной технологической операции (окорка, рубка древесины, дефибрирование, размол бумажной массы, выпаривание раствора, абсорбция, ректификация, экстракция, фильтрование и т.д.) и мощности потерь на преодоление трения и сопротивление среды, в которой происходит движение элементов конструкции машины (в сальниках, подшипниках, на преодоление трения качения и скольжения в различных парах трения, трения движущихся поверхностей об окружающую среду - бумажную массу, воздух, воду). Правильность определения затрат мощности зависит от выбора значений коэффициентов трения, коэффициентов сопротивления и удельных нагрузок, поэтому выбор тех или иных коэффициентов должен быть хорошо аргументирован.

Установочная мощность должна быть несколько больше расчетной. Некоторый запас по мощности даётся на неучтенные потери и нагрузки. Однако не следует назначать к установке электродвигатель с большим запасом по мощности. Нереализованная при работе электродвигателя мощность ведет к снижению важнейшего энергетического показателя предприятия - косинуса  $\phi$  ( $\cos \phi$ ).

При проработке раздела экологической безопасности проектируемого оборудования особое внимание должно быть уделено мероприятиям, связанным с охраной природы: очисткой сточных вод, газопылевых выбросов, улавливанием дурно-пахнущих и ядовитых веществ, водяных паров и т. п.

В выводах по работе должны быть представлены основные результаты проведенных разработок и перспектива их реализации в условиях производства.



Список литературы содержит перечисление всех литературных источников, упомянутых в расчетно-пояснительной записке, в порядке их использования в тексте.

#### 4. ГРАФИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ РАБОТЫ

Графическая часть выпускной работы бакалавра выполняется после подготовки всей расчетно-пояснительной записки. Нарушение указаний последовательности приводит к несоответствию результатов проведенных расчетов и графической части перерисовкам и исправлениям.

В выпускной работе разрабатывается изделие индивидуального производства. Конструкторская документация выполняется на стадии технического проекта (чертежи общего вида - ВО), и только отдельные наиболее сложные элементы по заданию руководителя выполняются на стадии разработки рабочей документации.

Чертежи должны удовлетворять требованиям ГОСТов: 2.301-68; 2.302-68; 2.315-68; 2.304-81; 2.104-68.

Основные надписи (штампы) в чертежах выполняются по форме 1 согласно ГОСТ 2.104-68 (Приложение 2).

Обозначение чертежа (графа 2) в чертежах выпускной работы следует заполнять по следующей схеме:

МАС ВР.00.00.000 ВО - для чертежей, разработанных на стадии технического проекта (чертежи общего вида);

МАС ВР.00.00.000 СБ - для чертежей, разработанных на стадии рабочей документации (сборочный чертеж);

МАС ВР. 00.00.010 СБ «сборочный чертеж (составная часть);

МАС ВР.00.00.001 - чертеж детали;

где МАС ВР - условное обозначение «Машины автоматизированных систем, выпускная работа»;

первые 00 - две последние цифры номера зачетной книжки;

вторые 00 – последние две цифры года разработки выпускной работы;

000 - для обозначения комплексных групп, составных частей и деталей.

Санкт-Петербургский государственный технологический университет  
растительных полимеров

Кафедра машин автоматизированных систем

#### КУРСОВОЙ ПРОЕКТ

на тему:

НАЗВАНИЕ

Студент

Группа

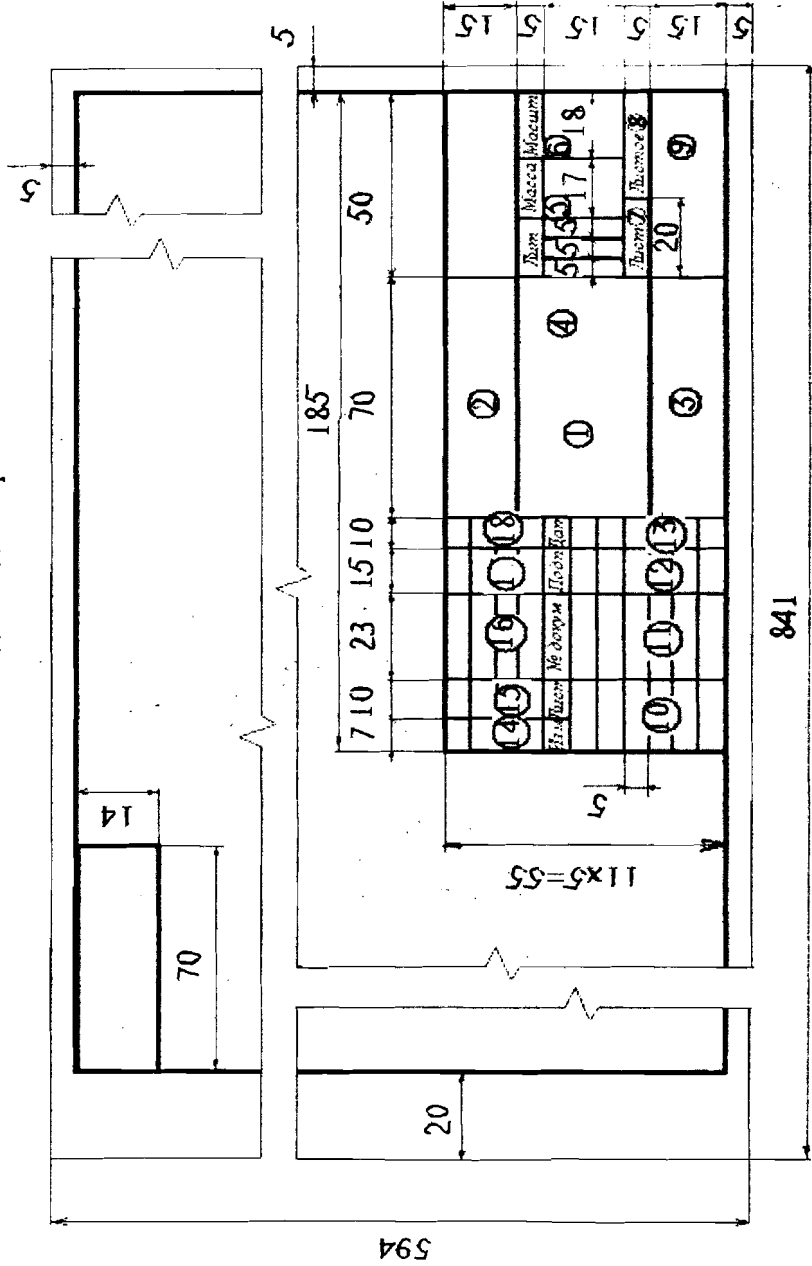
Руководитель

Санкт-Петербург

20..

Приложение 2

Основная надпись для чертежей и схем



- Графа 1 - наименование изделия, а также наименование документа, если этому документу присвоен шифр;
- Графа 2 - обозначение документа;
- Графа 3 - обозначение материала детали (графу заполнить только на чертежах деталей);
- Графа 4 - литера, присвоенная данному документу;
- Графа 5 - масса изделия;
- Графа 6 - масштаб;
- Графа 7 - порядковый номер листа (на документах, состоящих из одного листа, графу не заполняют);
- Графа 8 - общее количество листов документа (графу заполняют только на первом листе);
- Графа 9 - наименование или различительный индекс предприятия, выпустившего документ;
- Графа 10 - характер работы, выполняемой лицом, подписывающим документ;
- Графа 11 - фамилии лиц, подписавших документ;
- Графа 12 - подписи лиц, фамилии которых указаны в графе 11;
- Графа 13 - дата подписания документа;
- Графы 14-18 - графы таблицы изменений.

Георгий Юревич Бутко  
Александр Александрович Гаузе  
Аркадий Олегович Никифоров  
Николай Петрович Мидуков

## МАШИНЫ И АППАРАТЫ ХИМИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВ

Методические указания к расчёту курсового проекта

Редактор и корректор Н.П. Новикова

Техн. редактор Л.Я. Титова

---

Подп. к печати. 25. 12.08. Формат 60x84/16. Бумага тип. № 1. Печать  
офсетная. Объём 1,25уч. – изд.л. 1,25 усл-печ.л.

Тираж 50 экз. Изд. № 109 . Цена «С». Заказ 1942.

---

Ризограф ГОУВПО Санкт-Петербургского государственного  
технологического университета растительных полимеров, 198095, СПб., ул.  
Ивана Черных, 4.