

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Воронежский государственный технический университет»

Кафедра автоматизированного оборудования  
машиностроительного производства

**ТЕХНОЛОГИИ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ  
МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ ПРОИЗВОДСТВ**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**

к выполнению практических работ  
для студентов направления 15.03.01 «Машиностроение»  
(профиль «Технологии, оборудование и автоматизация  
машиностроительных производств»)  
очной и заочной форм обучения

Воронеж 2022

УДК 658.51.011.56:621(07)  
ББК 34.6я7

**Составители:** ст. преп. С. Л. Новокщенов,  
доц. С. Н. Яценко

**Технологии автоматизированных машиностроительных производств:** методические указания к выполнению практических работ для студентов направления 15.03.01 Машиностроение (профиль «Технологии, оборудование и автоматизация машиностроительных производств») очной и заочной форм обучения / ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»; сост. С. Л. Новокщенов, С. Н. Яценко. Воронеж: Изд-во ВГТУ, 2022. 37 с.

Целью выполнения практических работ является разработка производственного участка механообрабатывающего производства: выбора и расчета количества основного технологического оборудования для производственного участка, средств автоматизации, необходимых для обеспечения заданной производительности.

Методические указания подготовлены в электронном виде и содержатся в файле МУ\_ТАМП.pdf.

Ил. 16. Библиогр.: 5 назв.

**УДК 658.51.011.56:621(07)**  
**ББК 34.6я7**

**Рецензент:** А. В. Демидов, канд. техн. наук, доц. кафедры  
автоматизированного оборудования  
машиностроительного производства

*Издается по решению редакционно-издательского совета  
Воронежского государственного технического университета*

## ВВЕДЕНИЕ

Развитие вычислительных систем и информационных технологий в настоящее время позволяет решать задачи, в том числе конструкторско-технологические, которые до этого невозможно было решить с применением ЭВМ.

Применяя современные визуальные языки программирования и используя ресурсные возможности сети Internet и локальных вычислительных сетей машиностроительных предприятий появляется возможность не только оперативного контроля производственных и технологических процессов, но и влияния на ход обработки детали, начиная с рационального выбора основного технологического оборудования и заканчивая средствами механизации и автоматизации.

Развитие производств (рис. 1) тесно связано с формированием научно-технологических приоритетов, которые направлены на решение стратегических проблем и обеспечения эффективного использования ресурсов, направленное на практическую реализацию технологий по созданию инновационной продукции.



Рис. 1. Современные автоматизированные производства

Выполнение практических работ по дисциплине «Технологии автоматизированных машиностроительных производств» должно помочь преподавателю в оценке уровня знаний и степени освоения компетенций студентом.

## **ОРГАНИЗАЦИЯ ЗАНЯТИЙ**

Занятия в лаборатории проводятся под руководством преподавателя. Для проведения практических занятий группа делится на подгруппы (по 10 - 12 человек), постоянный состав которых сохраняется до окончания всего цикла практических работ. Практические работы выполняются студентами самостоятельно. По результатам выполненных работ оформляется отчет. По окончании цикла практических работ каждый студент должен сдать зачёт. При сдаче зачёта студент обязан:

1. Знать целевое назначение работы и уметь объяснить порядок и технику её выполнения.
2. Знать устройство, приемы управления и настройку оборудования, приборов и программных средств, применяемых в работе.
3. Понимать физический и практический смысл полученных результатов.
4. Предъявить отчёт с записями со всеми необходимыми расчётами, эскизами, графиками и выводами по каждой выполненной работе.

## **ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТ**

Перед началом занятий студенты знакомятся с содержанием цикла практических работ, организацией и режимом занятий, правилами техники безопасности. Распределение обязанностей внутри подгруппы производится студентами с соблюдением принципа равного участия в работе каждого студента.

Студенты должны:

1. Изучить самостоятельно методику выполнения работы и ознакомиться с организацией рабочего места.
2. Ознакомиться под руководством преподавателя или лаборанта с устройством лабораторного оборудования и его управлением.
3. Категорически запрещается самостоятельный пуск оборудования и пользование без ведома преподавателя или лаборанта.
4. Изучить правила техники безопасности.

5. Произвести под руководством преподавателя или лаборанта настройку оборудования и приборов.
6. Выполнить самостоятельно необходимые учебные задания в соответствии с методикой. Результаты занести в рабочую тетрадь.
7. После окончания работы рабочее место сдать лаборанту.
8. Провести анализ полученных результатов и сделать выводы по работе. Оформить и сдать преподавателю отчет.

### **ТРЕБОВАНИЯ К ОТЧЕТУ**

Отчет по работе оформляется на бумаге стандартного формата (формат А4). Отчет брошюруется в общую тетрадь. Отчет представляется в печатном виде. Коллективное составление и сдача отчетов не допускается.

Отчет по практической работе должен быть выполнен в текстовом редакторе Microsoft Word 2010 или выше и содержать: титульный лист, название темы работы, цели работы, перечень технических и программных средств, необходимых для выполнения практической работы; краткое описание исследуемого вопроса; алгоритм программы; исходные данные варианта; распечатку полученных в ходе расчета значений; выводы, содержащие анализ проведенной работы.

В выводах дается краткое объяснение сущности полученных результатов. Выводы должны быть краткими и отвечать на вопросы, поставленные в практической работе.

### **ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ РАБОТЕ СТУДЕНТОВ В ЛАБОРАТОРИИ**

Для того чтобы уберечь себя и товарищей от несчастного случая, а государственное имущество от аварии, необходимо хорошо знать и полностью выполнять правила внутреннего распорядка, техники безопасности и пожарной безопасности. К практическим работам допускаются студенты, которые ознакомились с общими конкретными требованиями техники безопасности и прошли соответствующий инструктаж. Проведение инструктажа и проверка знаний правил техники безопасности должны быть зарегист-

рированы соответствующими записями в лабораторном журнале. Конкретные требования техники безопасности при проведении той или иной работы изложены в описании к практическим работам.

Практическая работа №1 Автоматизированный анализ технологичности детали

Цель работы: ознакомиться с методикой автоматизированного принятия решения при анализе технологичности детали.

Технические средства и программное обеспечение:

1. IBM-PC или совместимый компьютер;
2. Операционная система Microsoft Windows;
3. Пакет офисных программ Microsoft Office;
4. CAD/CAM/CAE Solid Works.

Теоретические сведения:

*Конструирование детали для условий автоматизированного производства*

В начале работ по автоматизации дискретного производственного процесса изготовления какого-либо изделия необходимо провести тщательный анализ конструкции этого изделия и технологического процесса. Этот анализ дает возможность оценить степень подготовленности конструкции изделия к автоматизированному производству, а, следовательно, и целесообразность проведения проектно-конструкторских работ по автоматизации.

Конструкция изделия должна отвечать такому качеству отдельных его составляющих (материалов, деталей, сборочных компонентов и т. д.) и изделия в целом, при котором обеспечивается возможность автоматизированного его изготовления с наименьшей трудоемкостью на всех стадиях производства. Такое изделие называется *технологичным*.

Необходимо иметь в виду связь между автоматизацией изготовления и сборки деталей, соответствующим оборудованием и самими деталями. Сведения об обрабатываемых деталях оказывают

прямое влияние на выбор технологического процесса, на параметры и технические характеристики основного и вспомогательного оборудования, технологической оснастки и инструментов.

При этом каждая деталь характеризуется набором технических величин (материал, геометрия), определяющих технические требования, и некоторым набором организационно-экономических показателей, определяющих экономические и организационные требования.

В основу способа оценки степени подготовленности изделия к автоматизации технологического процесса положен принцип поэлементного анализа конструкции изделия, его деталей, сборочных компонентов, материалов. Анализ проводится с точки зрения возможности и технической целесообразности автоматического выполнения дискретных операций ориентации заготовок и деталей в пространстве и во времени, подачи их в рабочие органы, базирования (установки) в рабочей позиции, съема и послеоперационного транспортирования. При этом предполагается, что выполнение основных технологических операций обосновано и оправдано.

Поэлементный анализ и определение объективных количественных показателей и качественных характеристик отдельных деталей и всего изделия в целом осуществляется по дифференциальной схеме оценки степени подготовленности детали или пригодности материала для автоматизированного производства изделия. При решении конкретной задачи изготовления различных деталей должны быть приняты во внимание их параметры.

Параметрами оценки являются: конфигурация, физико-механические свойства сечения и поверхности, сцепляемость, абсолютные размеры и их соотношения, показатели симметрии, специфические свойства детали и т. д., то есть основные свойства детали. Все свойства конкретной детали взаимосвязаны, находятся в единой связи и в совокупности определяют ее качественную характеристику.

Детали могут быть призматическими, телами вращения (типа валов или коротких деталей патронной обработки) либо специфическими для данного изделия. Однако каждый станок и каждая станочная система обеспечивают изготовление ограниченной номенклатуры однотипных деталей (например, зубчатых колес), поэтому необходим анализ структуры их обработки. Для исследова-

ния деталей, сборочных компонентов или изделия в целом характерные свойства дифференцированы на семь ступеней.

Ступень I отражает дифференциацию дискретных деталей по признакам ориентации их в пространстве: асимметрия наружной конфигурации, асимметрия центра тяжести, асимметрия внутренней конфигурации, асимметрия физических свойств сечения и поверхности.

При автоматизации технологических процессов имеется ряд операций, когда ориентация деталей в пространстве не является обязательной. Это позволяет выделить в отдельную рубрику данное обобщенное свойство процесса (а не свойство детали) – «не требует ориентации».

Ступень II характеризует свойство сцепляемости дискретных деталей, заготовок при автоматической ориентированной загрузке, при транспортировании, а также других операциях и подразделяет детали на не сцепляемые, сопрягаемые, сцепляемые механически, сцепляемые полем, сцепляемые при действии межмолекулярных сил (сил адгезии).

В зависимости от вида свойств сцепляемости применяют различные способы поштучного отделения деталей. Наиболее просто разделяются детали сопрягаемые (по элементам контура), сложнее происходит разделение сцепляемых деталей. В отдельный разряд – «саморазбирающиеся» выделяются сборочные компоненты без жесткой фиксации материальных элементов, способные легко разбираться при выполнении последующих операций и требующие специальных защитных или предохранительных устройств, при выполнении операций переадресации, транспортировки, загрузки и т. д.

Мелкие детали из ферромагнитных материалов в процессе ориентирования в вибрационном бункерном устройстве, при перемещении, фиксации (установке в магнитных приспособлениях) могут подвергаться воздействию магнитного поля, а детали из диэлектриков – воздействию электростатического поля; такие детали могут сцепляться полем. Для их разделения требуются специальные устройства и демагнетизаторы.

Ступени III и IV схемы характеризуют свойства формы деталей и подразделяют детали на стержневые, пластинчатые толстые и тонкие, равноразмерные, миниатюрные, которые в свою очередь



могут быть круглыми, некруглыми, непостоянной формы и размеров.

Степень V определяет свойство симметрии деталей.

В ступени VI приведены характеристики наружной формы, причем за основу дифференцирования признаков здесь принято наличие и форма или отсутствие центрального отверстия. Центральным считается отверстие, ось x которого параллельна длинной стороне детали и является осью вращения или симметрии детали.

Степень VII характеризует дополнительные признаки элементов конструкции деталей и изделий, влияющие на сложность автоматизации технологического процесса

### *Анализ технологичности детали*

В соответствии с ГОСТ 14.205-83 технологичность – совокупность свойств конструкции изделия, определяющих ее приспособленность к достижению оптимальных затрат при производстве, эксплуатации и ремонте при заданных показателях качества, объеме выпуска и условиях выполнения работ. Анализ детали необходимо производить по всем ее обрабатываемым поверхностям.

Аналізу подвергается степень точности и шероховатость обрабатываемых поверхностей, что дает возможность выбирать оптимальные методы обработки каждой из поверхностей изготавливаемой детали. Анализ технологичности включает отработку конструкции детали с целью максимальной унификации элементов (размеров, резьб, фасок и др.), правильный выбор и простановку размеров, оптимальных допусков и шероховатости поверхности, соблюдение всех требований, предъявляемых к заготовкам и т. д. При отработке на технологичность конструкции детали необходимо производить оценку в процессе ее конструирования.

Оценка технологичности конструкции бывает двух видов: качественная и количественная.

Качественная оценка технологичности является предварительной, обобщенной и характеризуется показаниями: «лучше – хуже», «рекомендуется – не рекомендуется», «допустимо – не допустимо» и т.п.

Технологичной при качественной оценке считается такая геометрическая конфигурация детали и отдельных ее элементов, которая учитывает возможности минимального расхода материала

и использования наиболее производительных и экономичных методов изготовления. Поэтому следует проанализировать чертеж детали, например:

- степень унификации геометрических элементов (диаметров, длин, резьб, модулей, радиусов перехода и т.п.) в конструкции;
- наличие удобных базирующих поверхностей, обеспечивающих возможность постоянства и совмещения баз;
- возможность свободного подвода и вывода режущего инструмента при обработке;
- удобства контроля точностных параметров детали;
- возможности уменьшения протяженности точных обрабатываемых поверхностей;
- соответствие формы дна отверстия форме конца стандартного инструмента для его обработки и т. п.

#### Выполнение работы:

- 1) По выданному варианту или выбранной детали вначале выполняется анализ технологичности детали.
- 2) Анализ технологичности выполняется с помощью табличного процессора Microsoft Excel и файла «01. Анализ технологичности.xlsx» (рис. 2).

Требования	N	Признаки технологичности	Оценка признака («+» ; «0»; «-»)
К конструкции детали	1	Наличие базовых поверхностей	+
	2	Доступность всех поверхностей для механической обработки	+
	3	Наличие конструктивных элементов, повышающих трудоемкость	-
	4	Наличие внутренних поверхностей	-
	5	Наличие внутренних резьбовых отверстий больших диаметров	-
	6	Наличие труднообрабатываемых диаметральных уступов с радиусом скругления в пределах 0,5...7,0 мм	-
К решению инструмента	7	Возможность применения высокопроизводительных методов обработки	+
	8	Необходимость дополнительных технологических операций для получения высокой точности обрабатываемых поверхностей	+
	9	Достаточность использования стандартных режущих и измерительных инструментов	+
Коэффициент технологичности			0,55555556
<b>Вывод:</b> Деталь рекомендуется изготавливать латунью методом			

а)

Требования	N	Признаки технологичности	Оценка признака («+» ; «0»; «-»)
К конструкции детали	1	Отсутствие выступающих частей, мешающих или мешающих деталям выходя за пределы штампа	+
	2	Наличие конструктивных элементов, повышающих трудоемкость	+
	3	Наличие плавных переходов между сопрягаемыми и сопрягаемыми поверхностями	+
	4	Наличие и оптимальные размеры сопрягаемых элементов в пазовых, выемочных и конических отверстиях	-
	5	Отсутствие в штамповых деталях элементов (выступов) большого диаметра ( $d < 30$ мм)	+
	6	Плоскостность штампа	+
К плоскостности штампа	7	Дополнительное водонепроницаемость плоскостей штампа	+
	8	Плоскостность штампа поперек	+
	9	Результаты плоскостности штампа обеспечивают отсутствие дефектов из штампа в результате наличия естественных законов течения (упругих, пластических деформаций штампа)	+
Коэффициент технологичности			0,88888889

б)

Требования	N	Принцип технологичности	Оценка процесса (мин., макс., а-н, а-н)
К. конструктивные отклонения	1	Расположение обрабатываемых элементов относительно зазора	+
	2	Положение выточек, пазов, канавок относительно осевой или симметричной оси	+
	3	Материал деталей, обрабатываемых	+
	4	Положение выточек, пазов, канавок относительно осевой или симметричной оси	+
	5	Положение выточек, пазов, канавок относительно осевой или симметричной оси	-
К. конструктивные линейные размеры	6	Расположение обрабатываемых элементов на поверхности	+
	7	Объемные выточки, пазы, канавки	+
	8	Угловые выточки, пазы, канавки	+
	9	Расположение осей выточек, пазов, канавок относительно осевой или симметричной оси	+
	10	Угловые выточки, пазы, канавки	+
	11	Положение выточек, пазов, канавок относительно осевой или симметричной оси	-
Классификация технологичности			0,8
Вывод: Деталь технологична			

В)

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1		резаньем	штамповкой	литьем							
2	Коэффициент технологичности	0,55555556	0,88888889	0,8							
3											
4			Заготовку получаем	штамповкой.							
5											
6											
7											
8											
9											
10											
11											
12											
13											
14											
15											
16											
17											
18											
19											
20											
21											

Г)

Рис. 2. Анализ технологичности детали

3) сделать выводы.

## Практическая работа №2

### Характеристика детали по её форме

Цель работы: ознакомиться с методикой оценки подготовленности изделия к автоматизированному производству

Технические средства и программное обеспечение:

1. IBM-PC или совместимый компьютер;
2. Операционная система Microsoft Windows;
3. Пакет офисных программ Microsoft Office;
4. CAD/CAM/CAE Solid Works.

Теоретические сведения:

Специфика автоматического изготовления деталей, а особенно автоматической сборки узлов и изделий требует иного конструктивного оформления изделий и составляющих их деталей, нежели не автоматизированное производство.

Так как обработка деталей на технологичность ведется параллельно с технологическим проектированием участка или цеха (технический проект), маршрутные технологические процессы, комплект станочного оборудования и закрепление обрабатываемых деталей за участками определяют конкретные требования к повышению технологичности тех или иных деталей.

Поэтому в основу способа оценки степени подготовленности изделия к автоматизации технологического процесса положен принцип поэлементного анализа конструкции изделия, его деталей, сборочных компонентов, материалов. Анализ проводится с точки зрения возможности и технической целесообразности автоматического выполнения дискретных операций ориентации заготовок и деталей в пространстве и во времени, подачи их в рабочие органы, базирования (установки) в рабочей позиции, съема и послеоперационного транспортирования.

При этом предполагается, что выполнение основных технологических операций обосновано и оправдано.

Поэлементный анализ и определение объективных количественных показателей и качественных характеристик отдельных деталей и всего изделия в целом осуществляется по дифференциальной схеме оценки степени подготовленности детали или пригодности

материала для автоматизированного производства изделия. При решении конкретной задачи изготовления различных деталей должны быть приняты во внимание их параметры.

Параметрами оценки являются: конфигурация, физико-механические свойства сечения и поверхности, сцепляемость, абсолютные размеры и их соотношения, показатели симметрии, специфические свойства детали и т. д., то есть основные свойства детали. Все свойства конкретной детали взаимосвязаны, находятся в единой связи и в совокупности определяют ее качественную характеристику.

Детали могут быть призматическими, телами вращения (типа валов или коротких деталей патронной обработки) либо специфическими для данного изделия. Однако каждый станок и каждая станочная система обеспечивают изготовление ограниченной номенклатуры однотипных деталей (например, зубчатых колес), поэтому необходим анализ структуры их обработки.

Для исследования деталей, сборочных компонентов или изделия в целом характерные свойства дифференцированы на семь ступеней. Каждая ступень качественно характеризует определенную совокупность свойств.

Детали могут быть стержневые, пластинчатые толстые и тонкие, равноразмерные, миниатюрные, которые в свою очередь могут быть круглыми, некруглыми, непостоянной формы и размеров.

К стержневым относятся детали (рис. 1) с соотношением размеров для круглых деталей  $l_d/d > 1$ ; для некруглых  $l_d/b > 1$ ;  $h/b \approx 1$ . На рис. 11 приняты следующие обозначения:  $l_d$  - размер (длина) детали в направлении координатной оси  $X$ ;  $d$  - диаметр детали;  $b$  и  $h$  - размеры детали соответственно в направлении осей  $Y$  и  $Z$ .

*Равноразмерными* являются детали с соотношением размеров  $l_d/d \approx 1$ ;  $l_d/h \approx 1$ ;  $l_d/b \approx 1$ .

Детали – тела вращения принято делить на *короткие* и *длинные* в соответствии с зависимостью

$$l_{max} = 10\sqrt{25 + 5d_{max}} - 50, \quad (1)$$

где  $l_{max}$ ,  $d_{max}$  - максимальные длина и диаметр, мм.

Толстыми пластинами, которые могут быть круглыми и не круглыми, считаются детали с соотношением размеров  $l_d/d < 1$ ;  $l_d/b > 1$  и при  $b > h$ .

Различие между *толстыми* и *тонкими пластинами* – условное. Принято считать размерные параметры тонких пластин связаны соотношениями  $l_d/d \leq 0,01$ ;  $h/l_d \leq 0,01$  при  $b > h$ .

К *миниатюрным* и микроминиатюрным относятся дискретные детали элементов микроэлектроники и интегральных схем. В изделиях и деталях непостоянной формы и размеров (например, электрорадиоэлементы) предполагается наличие тонких и гладких выводов, это детали из проволоки, отрезки бумажной и пленочной ленты, а также элементы, которые при автоматической подаче и обработке могут быть деформированы (пластическая деформация) или повреждены.

Если для автоматизации процессов свойства формы не играют существенной роли, то они могут не учитываться.

Схема оценки степени подготовленности детали к автоматизированному производству включает около 6 миллионов комбинаций конструктивных признаков дискретных деталей. Для удобства пользования схемой и для повышения информативности схемы, каждому разряду схемы присвоено кодовое числовое обозначение, определенное экспертным методом.

Числовое значение кода учитывает сложность автоматизации выполнения операции по разряду и определяет балл сложности в рассматриваемой категории. Чем сложнее автоматизировать процесс по данному признаку (параметру), тем более высокой цифрой (по разряду) характеризуется балл этого признака. Высокая цифра балла свидетельствует о недостаточной подготовленности детали к автоматизированному производству изделия, и если балл по разряду соответствует 6 и выше, то при анализе технологичности детали необходимо быть крайне внимательным и осторожным. Однако наличие одного или даже нескольких баллов высокого порядка не дает полной характеристики сложности детали. Более полно характеризует сложность детали сумма баллов по параметрам оценки (по дифференцированным признакам).

Для определения суммы баллов исследуемая деталь должна быть закодирована. Например, простейшая цилиндрическая деталь – «штифт» должна подаваться на бесцентровое шлифование.

Ступень I – асимметрия наружной конфигурации, деталь металлическая – 1000000;

Ступень II – не сцепляемая – 000000;

Ступень III – стержневая ферромагнитная – 10000;

Ступень IV – круглая прямая – 2000;

Ступень V – одна ось вращения и одна плоскость симметрии – 100;

Ступень VI – центральное отверстие отсутствует, форма детали гладкая – 10;

Ступень VII – дополнительные признаки отсутствуют – 0.

На сложность автоматизации при идентичном выполнении основных операций большое влияние оказывает такая характеристика детали, как сложность автоматической ориентации и загрузки. Эта характеристика весьма существенна, так как определяет возможность автоматизации всего процесса производства изделия. Автоматизация загрузки и разгрузки, в общем комплексе задач по автоматизации технологических процессов, является одной из наиболее сложных, что вызвано разнообразием процессов, а также форм и размеров заготовок (деталей). Иногда конструкция заготовок (деталей) такова, что автоматизировать загрузку вообще невозможно.

Технологичными по загрузке являются такие заготовки (детали), которые имеют форму и размеры, позволяющие в случае необходимости автоматически захватывать их, ориентировать и подавать на позицию обработки или сборки.

Способ захвата и ориентации подлежащей подаче заготовки зависит от ее формы и размеров, наличия осей и плоскостей симметрии и особых свойств (хрупкости, сцепляемости и др.). Механизм ориентации выбирается в соответствии с классификацией штучных заготовок (табл. 4).

Классификация заготовок и деталей дает представление о технологичности их конструкции с точки зрения удобства их автоматического ориентирования в загрузочных устройствах.

Задача автоматической ориентации часто затрудняется или становится практически невозможной в тех случаях, когда несимметричность детали выражается слабо различимыми внешними признаками (отверстия малого диаметра; наличие участков или галтелей с различными, но близкими по величине радиусами закругления; валики симметричной конфигурации, но с различными допус-



ками на диаметральные размеры или с различной шероховатостью поверхности).

Для упрощения ориентации таких деталей их конструкцию изменяют, предусматривая уступы, срезы, дополнительные отверстия и другие элементы, идя при этом на некоторое увеличение трудоемкости механической обработки.

Анализ сложности детали выполняется во взаимосвязи с технологическим процессом, при этом может оказаться, что одна и та же деталь характеризуется разными показателями сложности. Например, валик с несимметричными концами со шпоночным пазом должен быть подвергнут шлифовке диаметра на бесцентрово-шлифовальном станке-автомате, а затем в шпоночный паз автоматически вставляется шпонка. Для бесцентрового шлифования валик ориентируется в пространстве по наружной цилиндрической поверхности. Ориентация валика по конфигурации торцов и тем более по расположению шпоночного паза необязательна.

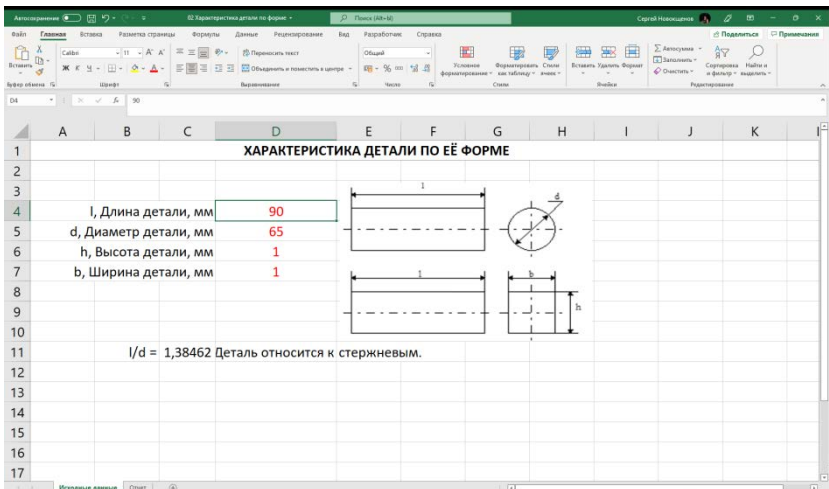
### *Автоматическая сборка*

При автоматической сборке точная пространственная ориентация деталей и координация сопрягаемых поверхностей приобретают первостепенное значение. Требования, налагаемые выполнением основных операций, определяют набор кодовых обозначений.

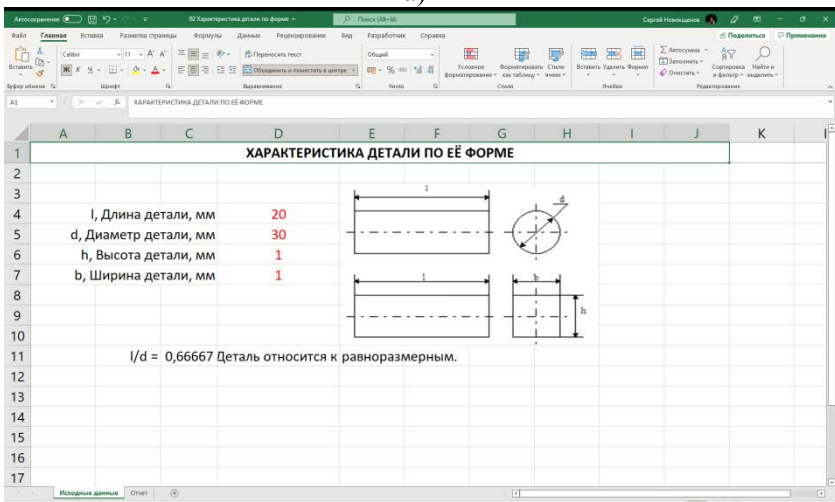
Таким образом, при анализе деталей с использованием кодового номера и суммы баллов можно выявить элементы детали или изделия, затрудняющие автоматизацию процессов изготовления детали и сборки изделия.

#### Выполнение работы:

- 1) С помощью файла «02 Характеристика детали по форме.xlsx» необходимо выполнить классификацию детали, введя в соответствующие поля её характеристик – размеры (рис. 3).



а)



б)

Рис. 3. Определение характеристики детали по её форме

2) Сделать выводы.

## Практическая работа №3

### Выбор типов и расчет количества оборудования

Цель работы: ознакомиться с методикой оценки подготовленности изделия к автоматизированному производству

Технические средства и программное обеспечение:

1. IBM-PC или совместимый компьютер;
2. Операционная система Microsoft Windows;
3. Пакет офисных программ Microsoft Office;
4. CAD/CAM/CAE Solid Works.

Теоретические сведения:

Количество оборудования на механическом участке рассчитывается по трудоемкости (по видам работ с учетом годовой программы выпуска):

$$C_P = \frac{T}{F_{\text{Э}} \cdot K_B}, \quad (1)$$

где:  $T$  – годовая трудоемкость по видам работ (операциям).

$F_{\text{Э}}$  – годовой эффективный фонд времени работы одного станка в часах.

$K_B$  – коэффициент выполнения норм.  $K_B = 1,1$ ;

$C_P$  – расчетное количество станков по операциям.

$F_{\text{Э}} = ((D_k - D_v - D_{\text{пр}}) \cdot T_s - T_{\text{сокp}}) \cdot C \cdot (1 - a/100)$ ,

Здесь:

$D_k$  – количество календарных дней в году (365).

$D_v$  – количество выходных дней в году (104).

$D_{\text{пр}}$  – количество праздничных дней в году (8).

$T_s$  – продолжительность рабочей смены (8,2).

$T_{\text{сокp}}$  – количество часов сокращения рабочей смены в предпраздничные дни (6).

$C$  – количество смен (2).

$a$  – процент потерь времени работы на ремонт и регламентированные перерывы (3%).

$F_{\text{Э}} = ((365 - 104 - 8) \cdot 8,2 - 6) \cdot 2 \cdot (1 - 3/100) = 4013$  часов.

Количество станков для токарной операции:

$$C_P = \frac{T}{F_{\text{Э}} \cdot K_B} = \frac{21750}{4013 \cdot 1,1} = 4,93;$$

принимаям 5

Количество станков для фрезерной операции:

$$C_p = \frac{T}{F_3 \cdot K_B} = \frac{21750}{4013 \cdot 1,1} = 4,93; \quad \text{принимаем } 5$$

Количество станков для шлифовальной операции:

$$C_p = \frac{T}{F_3 \cdot K_B} = \frac{11310}{4013 \cdot 1,1} = 2,56; \quad \text{принимаем } 3$$

Количество станков для сверлильной операции:

$$C_p = \frac{T}{F_3 \cdot K_B} = \frac{11310}{4013 \cdot 1,1} = 2,56; \quad \text{принимаем } 3$$

Количество станков для строгальной операции:

$$C_p = \frac{T}{F_3 \cdot K_B} = \frac{6960}{4013 \cdot 1,1} = 1,58; \quad \text{принимаем } 2$$

Количество станков для зубонарезной операции:

$$C_p = \frac{T}{F_3 \cdot K_B} = \frac{6960}{4013 \cdot 1,1} = 1,58; \quad \text{принимаем } 2$$

Количество станков для долбежной операции:

$$C_p = \frac{T}{F_3 \cdot K_B} = \frac{6960}{4013 \cdot 1,1} = 1,58; \quad \text{принимаем } 2$$

Коэффициент загрузки будет равен:

$$K_3 = \frac{C_p}{C_{\text{пр}}}, \quad (2)$$

где

$C_{\text{пр}}$  – принятое количество оборудования.

$C_p$  – расчетное количество станков по операциям.

Коэффициент загрузки оборудования для токарной операции:

$$K_3 = \frac{C_p}{C_{\text{пр}}} = \frac{4,93}{5} = 0,99;$$

Коэффициент загрузки оборудования для фрезерной операции:

$$K_3 = \frac{C_p}{C_{\text{пр}}} = \frac{4,93}{5} = 0,99;$$

Коэффициент загрузки оборудования для шлифовальной операции:

$$K_3 = \frac{C_p}{C_{\text{пр}}} = \frac{2,56}{3} = 0,85;$$

Коэффициент загрузки оборудования для сверлильной операции:

$$K_3 = \frac{C_p}{C_{\text{пр}}} = \frac{2,56}{3} = 0,85;$$

Коэффициент загрузки оборудования для строгальной операции:  
$$K_3 = \frac{C_p}{C_{np}} = \frac{1,58}{2} = 0,79;$$

Коэффициент загрузки оборудования для зубонарезной операции:  
$$K_3 = \frac{C_p}{C_{np}} = \frac{1,58}{2} = 0,79;$$

Коэффициент загрузки оборудования для долбежной операции:  
$$K_3 = \frac{C_p}{C_{np}} = \frac{1,58}{2} = 0,79;$$

Общий коэффициент загрузки оборудования:

$$K_3 = \frac{C_p}{C_{np}} = \frac{19,71}{22} = 0,9;$$

Под нормированием технологических процессов понимают назначение технически обоснованных норм времени на продолжительность выполнения операций.

Технически обоснованной нормой времени называют время выполнения технологической операции в определённых организационно - технических условиях, наиболее благоприятных для данного типа производства.

На основе технически обоснованных норм времени устанавливают расценки, определяют производительность труда, осуществляют планирование производства и т. п.

$$T_0 = \frac{L}{S \cdot n} \cdot i, \quad (3)$$

где L - длина обработки, мм;

S - подача, мм/об;

n - частота вращения шпинделя, мин-1;

i - число рабочих ходов (проходов).

$$L = L_0 + L_1 + L_2, \quad (4)$$

где L<sub>0</sub> - длина обрабатываемой поверхности в направлении обработки, мм;

L<sub>1</sub> - длина врезания, мм;

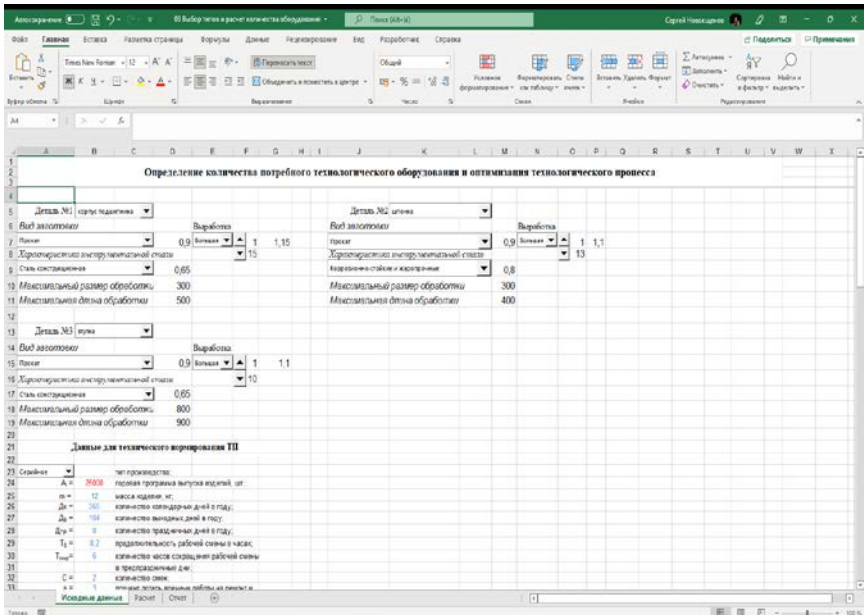
L<sub>2</sub> - перебеги режущего инструмента, мм.

Расчеты необходимого количества оборудования на участке сводят в таблицу.

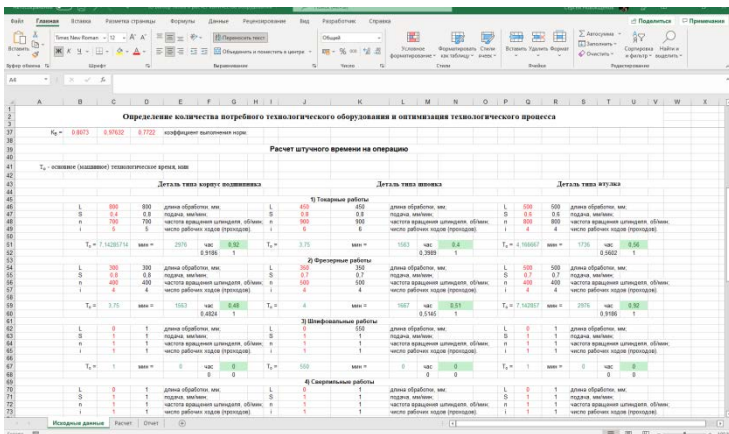
Выполнение работы:

1) Расчет количества оборудования следует осуществлять для группы однотипных деталей, отличающихся небольшой разницей

характеристик. Работа выполняется с помощью файла «03 Выбор типов и расчет количества оборудования.xlsx» (рис. 4).



а) структура файла



б) исходные данные

Рис. 4. - Структура файла и исходные данные

Результатами расчета будет определенный состав и тип основного технологического оборудования, необходимого для изготовления группы детали (рис. 5).

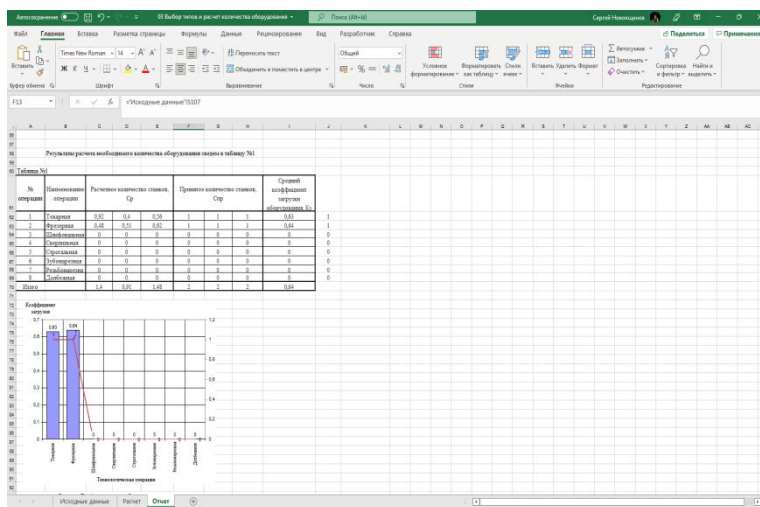


Рис. 5. Результаты расчета

## 2) Сделать выводы.

Практическая работа №4 Выбор робота промышленного и расчет циклограммы «станок-робот»

Цель работы: ознакомиться с методикой оценки подготовленности изделия к автоматизированному производству

Технические средства и программное обеспечение:

1. IBM-PC или совместимый компьютер;
2. Операционная система Microsoft Windows;
3. Пакет офисных программ Microsoft Office;
4. CAD/CAM/CAE Solid Works.

Выполнение работы:

1) Выбор модели робота промышленного осуществляется в общем виде по массе детали. Для выполнения практической работы

следует использовать файл «04a Роботы промышленные.xlsx» (рис. 6).

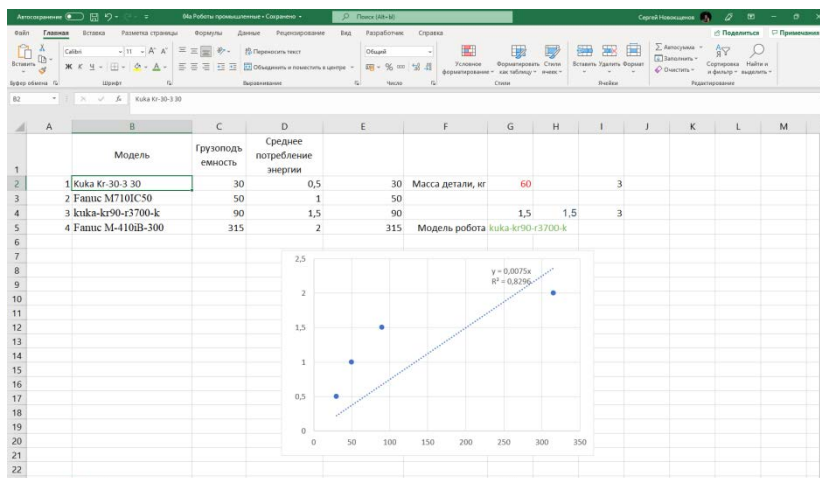


Рис. 6. Структура файла

Для выбора модели достаточно ввести массу детали в соответствующем поле отобразиться результат (рис. 7).



Рис. 7. Автоматизированный выбор модели робота промышленного

2) С помощью ресурсов сети Internet найти техническую характеристику, фотографию общего вида и описание принципа работы выбранной модели робота промышленного;



3) Рассчитать параметры циклограммы системы «станок-робот» можно с помощью файлов «Циклограмма 1.xlsx» - обработка без перестанова детали и «Циклограмма 2.xlsx» - обработка с перестановом детали.

	Масса детали, кг			Время обработки детали на станке, мин	
2	Обработка	Деталь	22,49		
3	Смена типовой	Перезагрузка титанового стержня	0	0,3	0,3
4		Смена шп			
4		Подать шпунт и рабочий шпунт, маневр заготовки и резания	0,3	0,3325	0,6325
5		Зажим заготовки в патроне	0,6325	0,2375	0,87
6	ПР	Отвод шпунт ПР	0,87	0,095	0,965
7		Возврат рабочего органа с позиции обработки в исходную позицию	0,965	0,285	1,8025
8		Обработка заготовки	1,8025	0	1,8025
9	Станок	Продвижение детали	3,605	0,095	3,95
10		Подать шпунт и рабочий шпунт, маневр заготовки и резания	4	3,9375	0,6325
11		Освобождение заготовки	4,2375	4,2375	0,87
12	ПР	Отвод шпунт ПР	4,475	3,7	0,965
13		Возврат рабочего органа с позиции обработки в исходную позицию	4,57	4,555	1,8025
14					
15		Продвижение детали	4,27		Суммарное время обработки 11,0375

Рис. 8. Расчет параметров циклограммы

4) В отчете показать созданную циклограмму и сделать выводы по работе.

Практическая работа №5 Организационное проектирование участка механической обработки

**Цель работы:** ознакомится с методикой автоматизированного выбора робота промышленного и построения циклограммы работы системы «станок-робот».

**Технические средства и программное обеспечение:**

1. IBM-PC или совместимый компьютер;
2. Операционная система Microsoft Windows;
3. Пакет офисных программ Microsoft Office;
4. CAD/CAM/CAE Solid Works.

## Теоретические сведения:

Гибкая производственная система — это производственная единица или совокупность технологического оборудования, автоматически переналаживаемого при производстве изделий произвольной номенклатуры в установленных пределах их характеристик. Организационная структура производства подразделяется на четыре уровня (рис. 9).

Первый уровень — гибкий производственный модуль (ГПМ) — единица технологического оборудования с устройством программного управления и средствами автоматизации технологического процесса (накопителями, спутниками, устройствами загрузки и выгрузки, замены технологической оснастки, удаления отходов, контроля, переналадки и т. д.).

ГПМ функционирует автономно, осуществляет многократные циклы и должен характеризоваться способностью встраивания в систему более высокого уровня.

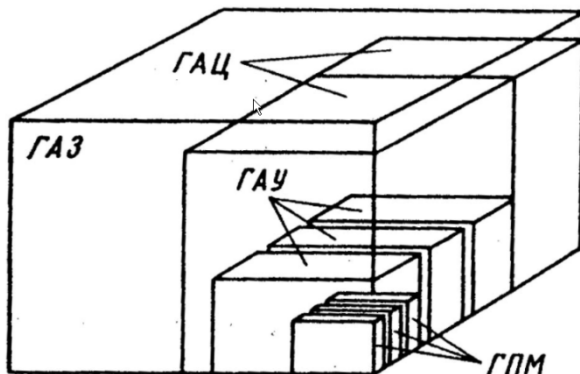


Рис. 9. Организационная структура ГПС

Второй уровень — гибкий автоматизированный участок (ГАУ), гибкая автоматизированная линия (ГАЛ) — совокупность ГПМ, объединенных автоматизированной системой управления и функционирующих по технологическому маршруту, в котором предусмотрена или не предусмотрена возможность изменения последовательности использования технологического оборудования.

Третий уровень — гибкий автоматизированный цех (ГАЦ) — совокупность ГАУ и (или) ГАЛ, предназначенная для изготовления изделий заданной номенклатуры.

Четвертый уровень — гибкий автоматизированный завод (ГАЗ) — совокупность ГАЦ, предназначенная для выпуска готовых изделий в соответствии с планом основного производства.

Автоматизированный участок механической обработки детали включает в себя следующее основное технологическое оборудование и средства автоматизации (рис. 3). Методику расчета параметров участка рассмотрим на конкретном примере. Техническая характеристика и параметры автоматизированного участка механической обработки представлены в таблице. Расчет параметров склада заготовок выполним по упрощенной методике. При возможности размещения в складе 85 % от наибольшего числа заготовок вероятность выполнения  $C_3$  составляет 95–97 %. Дальнейшее увеличение числа позиций склада, видимо, нецелесообразно, так как увеличение капитальных затрат дополнительно на 15 % позволит лишь на 3–5 % расширить возможный состав  $C_3$ .

Практический вывод состоит в том, что число позиций на складе заготовок следует принимать на 15 % меньше наибольшего возможного числа заготовок в  $C_3$ .

Таблица

Состав и параметры участка автоматизированной механической обработки

№	Наименование	Параметр	Единица измерения	Значение	Кол-во
1	CLX-450	длина станка	мм	4470	2
		ширина станка	мм	1835	
2	Стеллаж автоматизированный	длина	мм	6900	1
		ширина	мм	3700	
5	Конвейер автоматизированный	ширина	мм	525	
6		длина	мм	4625	2
7		длина	мм	2630	2

Зная минимальную станкоемкость  $D_y$  из производственной программы  $t_{штmin}$ , продолжительность смены  $F$  и число станков на участке  $C_{п}$  определим число позиций на складе по формуле:

$$N_3 = \frac{(F \times C_{п})}{t_{штmin}} \times 0.85 \quad (5)$$

С целью сокращения габаритов участка станки выстраиваем симметрично по две стороны (рис. 3).

Общая длина участка

$$L_{уч} = C_{п} \cdot L_{ст} + A, \quad (6)$$

где  $C_{п} = 2$  – принятое количество станков, шт.;

$L_{ст} = 3498$  – длина станка (слево-направо), мм;

$A = 2750$  – расстояние между станками, мм.

$$L_{уч} = 2 \cdot 3498 + 2750 = 11690 \text{ мм}$$

Проверяем возможность использования линейного склада  $D_y$ . Длина такого склада  $L_1$  не должна превышать длину участка:

$$L_1 \leq L_{уч} \quad (7)$$

$$L_1 = l_1 \cdot N \quad (8)$$

где  $N = 435$  – число позиций на складе, шт.;

$l_1 = 308$  – расстояние между осями соседних позиций склада, мм.

$$133980 > 11960 \text{ мм}$$

Так как длина линейного склада значительно больше длины участка, следовательно, прорабатываем компоновку многоярусного склада. Проверяем возможность использования многоярусного склада. Предположим, что длина склада равна длине участка, и соответственно рассчитываем число ярусов склада  $H$ :

$$H_{скл} = L_1 / L_{уч} \quad (9)$$

Рассчитаем число ярусов склада  $H_{скл}$ :

$$H_{скл} = 133980 / 11960 = 11,2 \approx 11 \text{ шт.}$$

Рассчитаем число позиций склада  $N_{скл.г.}$  по горизонтали (на одном ярусе):

$$N_{\text{скл}} = N / H_{\text{скл}} \quad (10)$$

$$N_{\text{скл}} = 435 / 12 = 36 \text{ шт.}$$

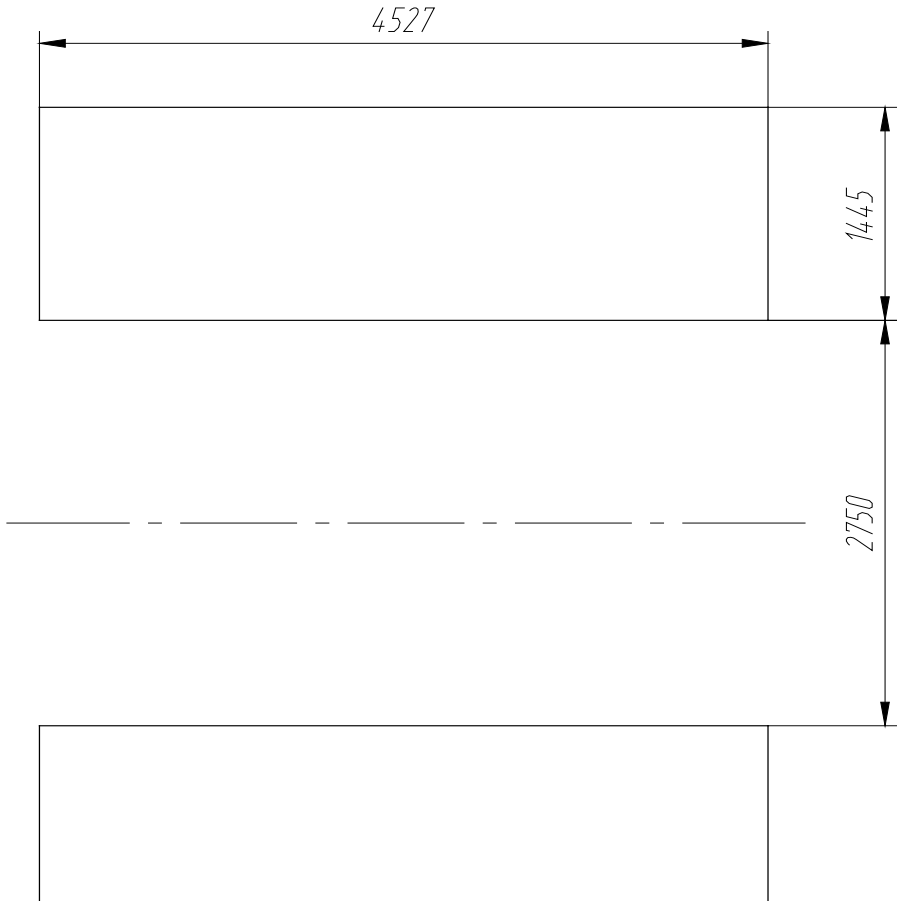


Рис. 10. Пример компоновки схемы участка

Длина склада заготовок

$$L_{\text{скл}} = (l_1 + l_2) \cdot N_{\text{скл}} \quad (11)$$

где  $l_1 = 280$  мм – диаметр заготовки детали;

$l_2 = 28$  мм – расстояние между соседними позициями;

$$L_{\text{СКЛ}} = (280 + 28) \cdot 36 = 11088 \text{ мм}$$

Учитывая габариты крана-штабелера, подберем размеры склада (рис. 11).

	A	B	C	D	E	F	G	H	
26									
27		Длина склада заготовок составит:					$L_{\text{СКЛ}} =$	11396	мм.
28									
29		<i>Подбор числа ярусов</i>							
30									
31		Число позиций на складе				$N =$	435		
32		Число ярусов				$H =$	25	шт.	
33									
34									
35									
36									
37			$N_{\text{СКЛ}} =$	17,4	шт.	$\approx$	18	шт.	
38									
39		Длина склада заготовок составит:					$L_{\text{СКЛ}} =$	5544	мм.
40			Высота склада, мм				$H_{\text{СКЛ}} =$	7375	мм.

Рис. 11. Расчет габаритов склада

Окончательные размеры склада (рис. 12) подбираем исходя из габаритов портала крана-штабелера. В этом случае габариты составят

$$L_{\text{СКЛ}} = 10470 \text{ мм},$$

$$H_{\text{СКЛ}} = 6000 \text{ мм}.$$

Расстояние между полками  $H_{\text{ПЛ}} = 110$ ;

Количество полок

$$N_{\text{ПЛ}} = \frac{H_{\text{СКЛ}}}{H_{\text{ПЛ}}} - 1 \quad (12)$$

$$N_{\text{ПЛ}} = 29 - 1 = 53$$

$$E_{\text{СКЛ}} = \frac{L_{\text{СКЛ}}}{l_1 + l_2} N_{\text{ПЛ}} \quad (13)$$

Емкость склада составит 1460 шт.

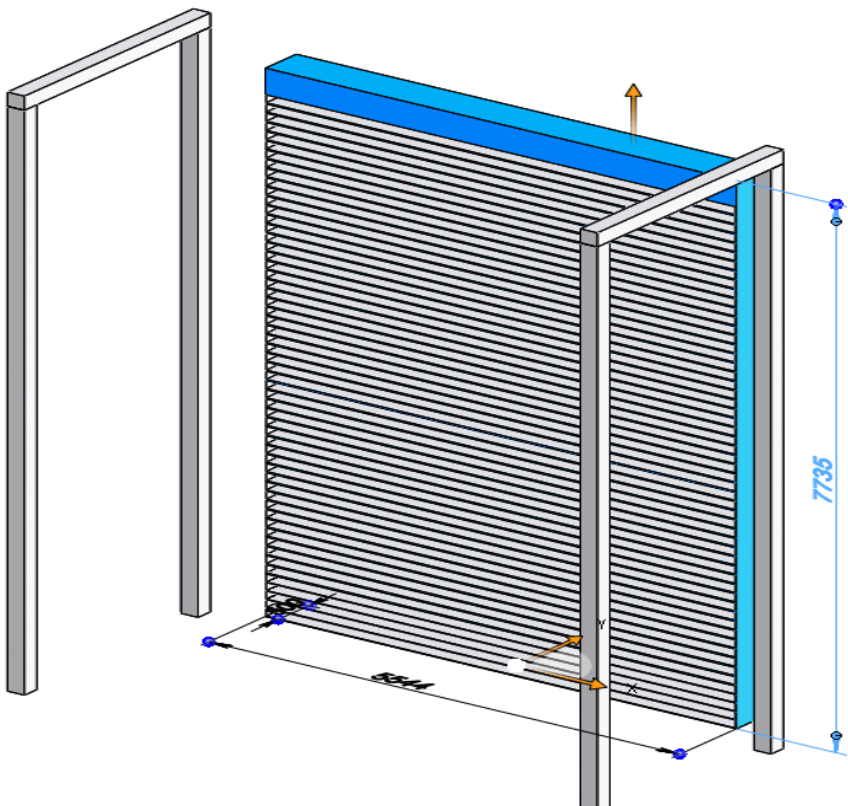
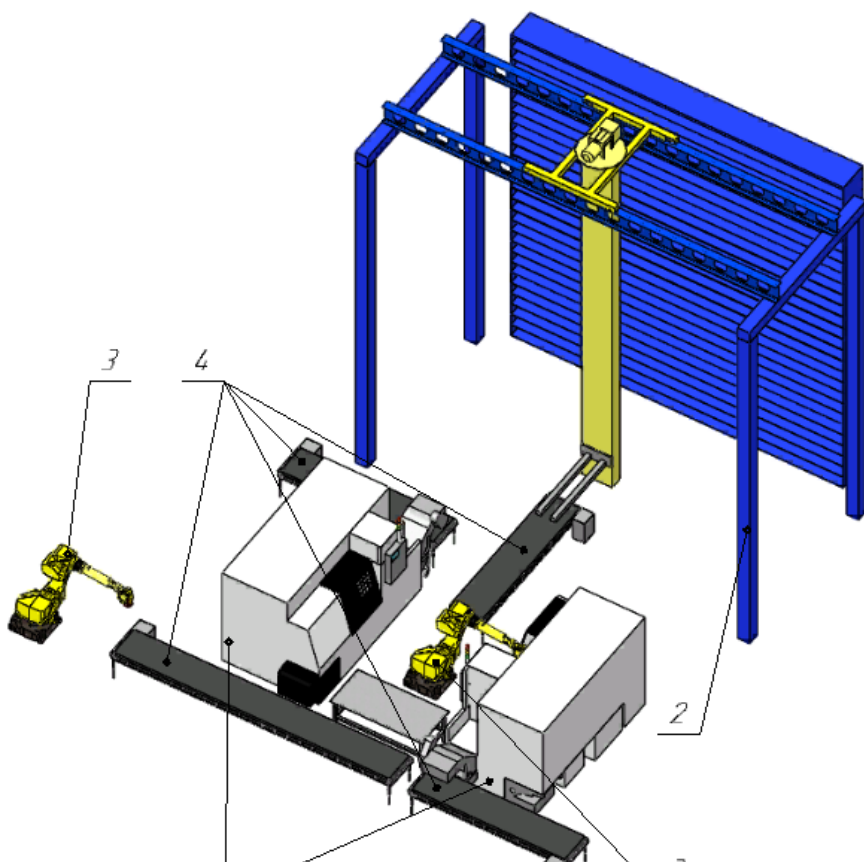


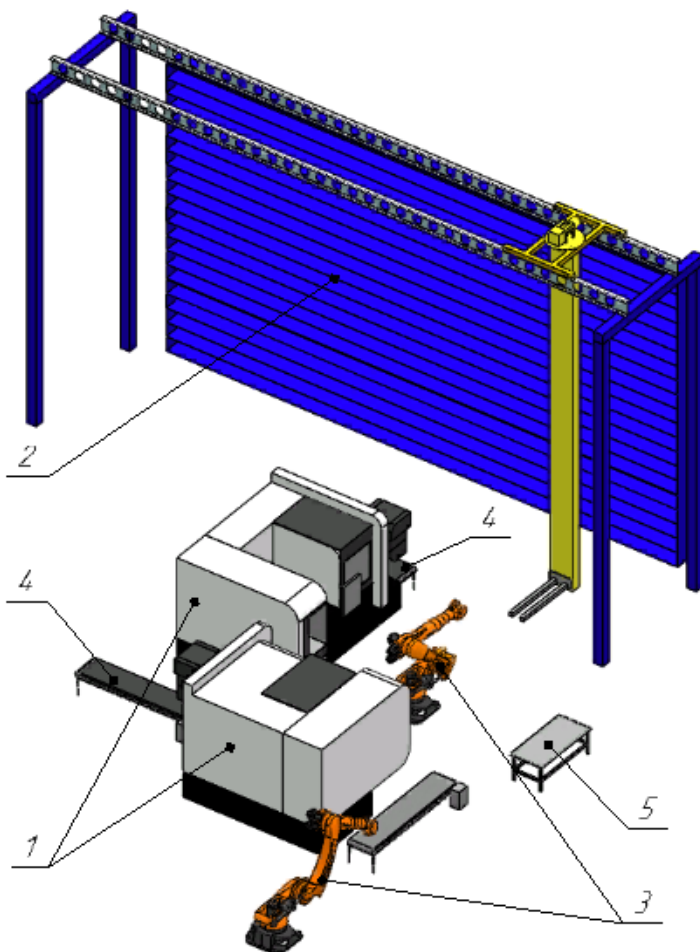
Рис. 12. Окончательные габариты склада



1 – станок с ЧПУ Accuway 200M; 2 – стеллаж автоматизированный; 3 – робот промышленный Fanuc M710IC50; 4 – автоматизированные конвейеры

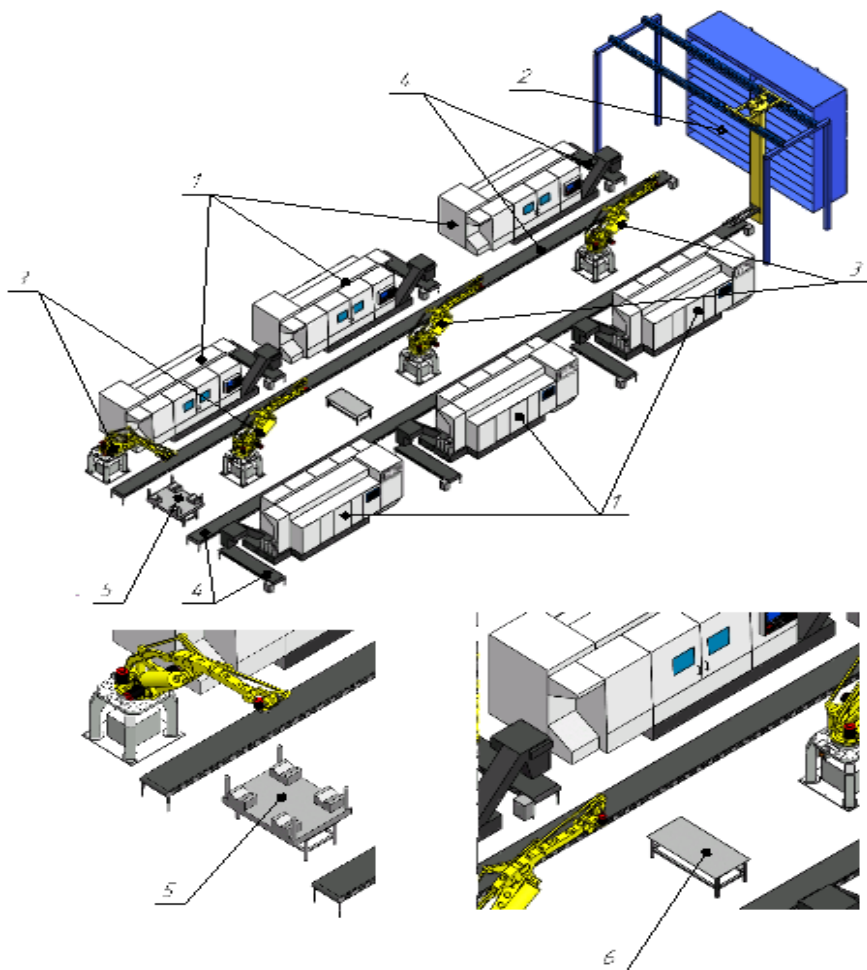
Рис. 13. Состав автоматизированного участка





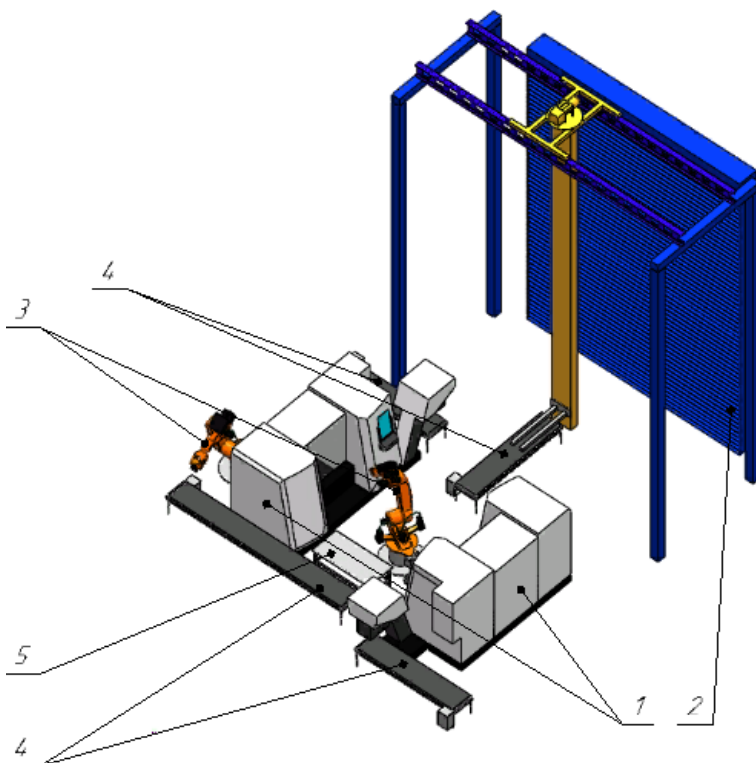
1 – станок с ЧПУ Mazak i100 ST; 2 – стеллаж автоматизированный; 3 – робот промышленный kuka-kr90-r3700-k-prime.snapshot.6; 4 – автоматизированные конвейеры; 5 – участок контроля

Рис. 14. Состав автоматизированного участка



1 – станок с ЧПУ Vigilia 1200S; 2 – стеллаж автоматизированный; 3 – робот промышленный Fanuc M-410iB-300; 4 – автоматизированные конвейеры; 5 – участок контроля; 6 – паллеты готовых деталей

Рис. 15. Состав автоматизированного участка



1 – станок с ЧПУ CLX-450; 2 – стеллаж автоматизированный;  
 3 – робот промышленный Kuka Kr-30-3 30; 4 –  
 автоматизированные конвейеры; 5 – участок контроля

Рис. 16. Состав автоматизированного участка

**Задание:**

- 1) По габаритам и массе детали выбрать схему автоматизированного участка;
- 2) Используя ресурсы сети Internet перечислить оборудование, находящееся на участке, дать его назначение, техническую характеристику;
- 3) Посчитайте размеры и характеристики автоматизированного склада.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Пачевский, В. М. Технологии автоматизированных машиностроительных производств [Электронный ресурс] : учебное пособие / В. М. Пачевский, Ю. Э. Симонова ; ФГБОУ ВПО "Воронежский гос. технический ун-т". - Воронеж: ВГТУ, 2015. - 1 электрон. опт. диск (CD-ROM) : ил.;
2. Оборудование машиностроительных производств: лабораторный практикум. [Электронный ресурс]. – Электрон. текстовые и граф. данные / С. Л. Новокшенов, С. Н. Яценко - Воронеж: ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», 2018. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM)
3. Скворцов В. Ф. Основы технологии машиностроения: учебное пособие /В. Ф. Скворцов; Томский политехнический университет. – Томск: изд-во Томского политехнического университета, 2012. – 352 с.
4. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т.1 / Под ред. А.М. Дальского, А. Г. Косиловой, Р. К. Мещерякова А. Г. Сулова. – М.: Машиностроение – 1, 2003. – 912 с.
5. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т.2 / Под ред. А.М. Дальского, А. Г. Косиловой, Р. К. Мещерякова А. Г. Сулова. – М.: Машиностроение – 1, 2003. – 944 с.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	3
ОРГАНИЗАЦИЯ ЗАНЯТИЙ .....	4
ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТ .....	4
ТРЕБОВАНИЯ К ОТЧЕТУ .....	5
ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ РАБОТЕ В ЛАБОРАТОРИИ .....	5
Практическая работа №1 Автоматизированный анализ технологичности детали .....	6
Практическая работа №2 Характеристика детали по её форме	13
Практическая работа №3 Выбор типов и расчет количества оборудования .....	19
Практическая работа №4 Выбор робота промышленного и расчет циклограммы «станок-робот» .....	23
Практическая работа №5 Организационное проектирование участка механической обработки.....	25
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК .....	36

# **ТЕХНОЛОГИИ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ ПРОИЗВОДСТВ**

## **МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**

к выполнению практических работ  
для студентов направления 15.03.01 «Машиностроение»  
(профиль «Технологии, оборудование и автоматизация  
машиностроительных производств»)  
очной и заочной форм обучения

### **Составители:**

**Новокщенов** Сергей Леонидович  
**Яценко** Светлана Николаевна

Издается в авторской редакции

Подписано к изданию 03.06.2022.  
Уч.-изд. л. 1,9.

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»  
394006, Воронеж, ул. 20-летия Октября, 84