

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана
(национальный исследовательский университет)»

В.В. Быков, К.В. Васильева, М.И. Голубев

Взаимозаменяемость и нормирование точности соединений деталей и сборочных единиц

Учебное пособие



Москва

ИЗДАТЕЛЬСТВО

МГТУ им. Н.Э. Баумана

2026

УДК 621.01:006.01(075.8)
ББК 34.41
Б95

Издание доступно в электронном виде по адресу
<https://press.bmstu.ru/catalog/item/8638/>

Факультет «Лесное хозяйство, лесопромышленные технологии
и садово-парковое строительство»
Кафедра «Технологии и оборудование лесопромышленного производства»

*Рекомендовано Научно-методическим советом
МГТУ им. Н.Э. Баумана в качестве учебного пособия*

Рецензент
д-р техн. наук, доцент *Н.С. Севрюгина*

Быков, В. В.
Б95 Взаимозаменяемость и нормирование точности соединений деталей
и сборочных единиц : учебное пособие / В. В. Быков, К. В. Васильева,
М. И. Голубев. — Москва : Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2026. —
175, [1] с. : ил.

ISBN 978-5-7038-6725-9

Приведена теоретическая и практическая часть, необходимая для изучения
основных принципов взаимозаменяемости и нормирования точности соединений
деталей и сборочных единиц. Нормирование точности рассмотрено на примере узла
автомобиля КамАЗ 4310.

Для студентов МГТУ им. Н.Э. Баумана, изучающих дисциплину «Взаимоза-
меняемость, стандартизация и технические измерения».

УДК 621.01:006.01(075.8)
ББК 34.41



*Уважаемые читатели! Пожелания, предложения, а также сообщения о замеченных
опечатках и неточностях Издательство просит направлять по электронной почте:
press@bmstu.ru*

ISBN 978-5-7038-6725-9

© МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2026
© Оформление. Издательство
МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2026

Предисловие

Настоящее учебное пособие подготовлено в виде практических рекомендаций по нормированию точности геометрических размеров деталей и сборочных единиц для самостоятельного выполнения курсовой работы по дисциплине «Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения». Стандартизации, взаимозаменяемости, нормированию точности, допускам и посадкам, техническим измерениям в машиностроении посвящено много учебников, учебных пособий и справочников. Однако среди них совсем немного профилированных пособий, в которых общие принципы взаимозаменяемости и нормирования точности проиллюстрированы примерами конкретного узла или агрегата машины. Между тем такие пособия полезны, поскольку активизируют практическую познавательную деятельность учащихся. Опыт показывает, что студенты изучают ту или иную инженерную дисциплину с большим желанием, если понимают ее необходимость в избранной ими области профессиональной деятельности. Именно к такого типа пособиям относится данная книга. Материал пособия соответствует требованиям Федерального и самостоятельно устанавливаемого образовательного стандарта (ФОС и СУОС) МГТУ им. Н.Э. Баумана по специальности 23.05.01 «Наземные транспортно-технологические средства», специализации «Автомобильная техника в транспортных технологиях».

Цели дисциплины «Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения»:

- изучение принципов стандартизации и взаимозаменяемости деталей и сборочных единиц;
- формирование практических навыков расчета и выбора допусков и посадок деталей и узлов машин, исходя из их функционального назначения и требований, предъявляемых к работе машины в целом.

Курсовая работа заключается в выполнении рабочего чертежа сборочной единицы транспортно-технологической машины, нормировании точности размеров и соединений, создании 3D-модели детали и ее рабочего чертежа в автоматизированной среде Компас-3D.

Объектами курсового проектирования по этой дисциплине служат сборочные единицы (агрегаты трансмиссии и дополнительного оборудования) модельных рядов транспортно-технологических машин, представленных автомобилями повышенной проходимости ГАЗ, КамАЗ, КрАЗ, МАЗ, «Урал».

В курсовой работе рассматриваются типовые для машиностроения задачи. При выполнении курсовой работы студенты научатся:

- выбирать характер соединений;
- рассчитывать и выбирать посадки подшипников качения и сложных соединений;
- нормировать точность геометрических параметров деталей машин (это один из ответственных этапов конструирования изделий машиностроения);
- выбирать универсальные средства технических измерений линейных и угловых размеров деталей;

- назначать производственные допуски;
- выбирать предельные калибры для контроля конструктивных элементов деталей машин и др.

Технология сквозного междисциплинарного проектирования, в соответствии с которой составлено настоящее учебное пособие, разработана в Мытищинском филиале МГТУ им. Н.Э. Баумана для образовательной программы по специальности 23.05.01 «Наземные транспортно-технологические средства». Каждый студент получает индивидуальное комплексное проектное задание. Работу над сквозным проектом начинают с I курса, когда студенты изучают дисциплину «Компьютерная графика» и осваивают автоматизированную систему Компас-3D. Учебно-практическая деятельность организуется таким образом, чтобы обеспечить студентам возможность успешно решать задачи сквозного проекта.

Пособие состоит из трех глав.

В главе 1 приведены основные понятия взаимозаменяемости по геометрическим параметрам и по точности машины, ее сборочных единиц и деталей, изложены рекомендации по нормированию их геометрической точности, отклонений формы и расположения, описаны методы и средства технического контроля конструктивных элементов машин.

В главе 2 приведены примеры расчета, выбора и назначения посадок типовых соединений деталей, входящих в состав раздаточной коробки автомобиля КамАЗ 4310.

Глава 3 содержит рекомендации по выполнению чертежа сборочной единицы и рабочего чертежа детали, нормированию допусков формы и расположения, выбору параметра шероховатости поверхностей.

В конце каждой главы приведены вопросы для самопроверки, а в конце пособия — приложения. Основные ГОСТы, которыми следует руководствоваться при нормировании точности, перечислены в приложении 1. Пример задания на выполнение курсовой работы по дисциплине «Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения» приведен в приложении 2, а образец оформления титульного листа этой курсовой работы — в приложении 3. Рабочие чертежи деталей раздаточной коробки и ее сборочный чертеж со спецификациями представлены в приложениях 4 и 5 соответственно.

К особенностям данного учебного пособия относится то, что в рассматриваемых примерах нормирования точности приведены ссылки на номера таблиц и страниц ГОСТов и справочников. Это позволяет значительно сократить время студента на поиск необходимых данных и работу с ними.

Введение

На современных машиностроительных заводах серийного и массового производства детали изготавливают в одних цехах (их называют механическими), а сборку машин и разных изделий осуществляют в других цехах (сборочных). При сборке используют также нормализованные подшипники качения, крепежные детали, детали из резины и пластмасс, электротехнические и другие покупные изделия, изготавливаемые на различных специализированных предприятиях. Несмотря на это, сборка машин и их частей (узлов, агрегатов) выполняется без пригонки деталей, однако собранные машины и их части удовлетворяют предъявляемым требованиям. Такая организация производства стала возможной благодаря тому, что конструирование, производство, эксплуатация и ремонт машин, агрегатов и других изделий осуществляются на основе принципов взаимозаменяемости.

Взаимозаменяемость — это свойство независимо изготовленных с заданной точностью деталей, составных частей машин и других изделий обеспечивать возможность беспригонной сборки (или замены при ремонте) соединяемых деталей в сборочные единицы, а сборочных единиц — в изделия при соблюдении предъявляемых к ним технических требований.

При изготовлении деталей, сборочных единиц, узлов и агрегатов современных машин требуется высокая точность их геометрических размеров для получения соответствующих посадок (зазоров, натягов), необходимая шероховатость поверхностей, заметно влияющая на сопротивление усталости деталей, а также высокая точность формы и расположения поверхностей, от которой зависят функциональные характеристики узлов, агрегатов и машины в целом.

Взаимозаменяемость деталей и сборочных единиц возможна только при грамотном назначении, строгом соблюдении и контроле допусков на геометрические размеры конструктивных элементов машин. Взаимозаменяемость деталей позволяет обеспечить высокое качество машин, снизить их стоимость. Кроме того, благодаря сокращению номенклатуры и типоразмеров составных частей, преемственности в использовании приспособлений и инструмента упрощается и удешевляется ремонт и техническое обслуживание машин.

Взаимозаменяемость деталей, сборочных единиц и узлов транспортно-технологических машин обеспечивается комплексом мероприятий, важнейшим из которых является *нормирование точности* в соответствии со стандартами «Единая система допусков и посадок» и «Основные нормы взаимозаменяемости».

При изготовлении деталей, узлов и агрегатов невозможно достичь абсолютного совпадения их действительных геометрических параметров с заданными по чертежу. Отклонения от заданного размера (т. е. погрешности изготовления) появляются в результате неточностей станка и приспособлений, изнашивания режущего инструмента, тепловых и силовых деформаций технологической системы. Кроме того, отклонения зависят от индивидуальных особенностей исполнителя работы и от прочих факторов.

Другое важнейшее условие взаимозаменяемости изделий — *единство измерений и единообразие средств измерения*, т. е. метрологическое обеспечение производства и ремонта машин. Измерения, в частности измерения геометрических параметров машин, играют огромную роль в современном машиностроительном производстве и во многом определяют уровень его развития. Точность геометрических параметров машин, их деталей и сборочных единиц (точность размеров, формы и шероховатости поверхностей) измеряется в микрометрах (мкм). Соответствующие требования предъявляются и к точности измерений, определяемой как точностью средств измерения, так и методами их использования.

При выборе средств технических измерений учитывают их метрологические параметры, особенности конструкции, размеры детали и сборочной единицы, а также организационную форму контроля. Важное значение имеет правильный выбор допустимой погрешности измерений: недостаточная точность измерений приводит к снижению качества машины и увеличению ее себестоимости, а завышенная точность — к возрастанию трудоемкости, стоимости измерений и затрат на производство.

Средства технических измерений выбирают в соответствии с требованиями ГОСТов, которые устанавливают допустимую погрешность измерений в зависимости от предельных отклонений контролируемого параметра. Допустимые погрешности измерений включают погрешности мер, измерительных приборов и метода измерений.

1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ ВЗАИМОЗАМЕНЯЕМОСТИ И НОРМИРОВАНИЯ ТОЧНОСТИ ДЕТАЛЕЙ И СБОРОЧНЫХ ЕДИНИЦ

1.1. Взаимозаменяемость по геометрическим параметрам и точности машины, сборочной единицы, детали

Взаимозаменяемость — свойство деталей, узлов, агрегатов и технических устройств, позволяющее при сборке и ремонте вместо одних деталей и отдельных сборочных единиц применить другие детали и сборочные единицы одинакового с заменяемыми функционального назначения без использования компенсаторов или выполнения подгоночных работ, но с сохранением при этом определенного уровня качества. Взаимозаменяемыми могут быть детали, узлы, механизмы (крепежные детали, машины и двигатели).

Взаимозаменяемость распространяется на этапы проектирования, производства и эксплуатации. При *проектировании* взаимозаменяемость достигается назначением номинальных размеров, предпочтительных чисел, рядов предпочтительных чисел, их отклонений, допусков и определенных посадок. Взаимозаменяемость — обязательное условие для организации серийных и массовых *производств* и при использовании механизированных и автоматизированных процессов изготовления и сборки изделия. Только при условии взаимозаменяемости возможно широкое кооперирование предприятий. При *эксплуатации* взаимозаменяемость упрощает ремонт.

В основе взаимозаменяемости лежит стандартизация, которая развивается по двум направлениям:

- 1) установление требований, определяющих внешнюю взаимозаменяемость деталей и сборочных единиц;
- 2) создание основных норм взаимозаменяемости.

Основные нормы — это база взаимозаменяемости, которая включает в себя:

- ряды предпочтительных чисел и нормальных линейных размеров;
- систему допусков и посадок;
- геометрические размеры соединений и передач;
- шероховатость поверхности и сборочной единицы.

Таким образом, основные нормы — это числовые значения линейных величин.

Виды взаимозаменяемости:

- *функциональная* — взаимозаменяемость по параметрам и характеристикам, влияющим на параметры изделий и сборочных единиц или на служебные функции отдельных деталей, сборочных единиц и изделий в целом;
- *геометрическая* — взаимозаменяемость деталей по геометрическим размерам, шероховатости присоединительных поверхностей, их отклонениям от формы и расположения.

Различают также полную и неполную, внешнюю и внутреннюю взаимозаменяемость:

Оглавление

Предисловие	3
Введение	5
1. Основные понятия взаимозаменяемости и нормирования точности деталей и сборочных единиц	7
1.1. Взаимозаменяемость по геометрическим параметрам и точности машины, сборочной единицы, детали	7
1.2. Классификация типовых соединений деталей и сборочных единиц	9
1.3. Нормирование геометрической точности размеров соединения	10
1.4. Нормирование отклонений формы и расположения поверхностей	12
1.5. Нормирование шероховатости поверхности	18
1.6. Методы и средства технического контроля нормированной геометрической точности конструктивных элементов детали	22
Вопросы для самоконтроля	26
2. Нормирование параметров точности соединений деталей в сборочные единицы на примере раздаточной коробки	27
2.1. Назначение и принцип работы раздаточной коробки	27
2.2. Посадки соединений по гладкой цилиндрической поверхности	36
2.2.1. Выбор допусков и посадок по гладкой цилиндрической поверхности	36
2.2.2. Примеры расчета, выбора и назначения посадок соединений деталей раздаточной коробки по гладкой цилиндрической поверхности	40
2.3. Посадки подшипников качения	59
2.3.1. Выбор допусков и посадок для колец подшипников	59
2.3.2. Примеры расчета и выбора посадок подшипников качения ...	63
2.4. Нормирование точности штифтовых соединений	72
2.5. Нормирование точности шпоночных соединений	74
2.5.1. Выбор допусков и посадок шпоночных соединений	74
2.5.2. Пример выбора посадок в шпоночном соединении деталей раздаточной коробки	78
2.6. Нормирование точности шлицевых соединений с прямобочным и эвольвентным профилем	84
2.6.1. Выбор допусков и посадок в прямобочных и эвольвентных шлицевых соединениях	84
2.6.2. Примеры выбора посадок шлицевых соединений раздаточной коробки	92
2.7. Нормирование точности метрической цилиндрической резьбы ...	103
2.7.1. Выбор допусков и посадок метрической резьбы с зазором	103
2.7.2. Примеры выбора посадок деталей резьбовых соединений раздаточной коробки	108

2.8. Нормирование точности цилиндрических зубчатых передач и колес	113
2.8.1. Выбор степени и норм точности для цилиндрических зубчатых передач и колес	113
2.8.2. Пример нормирования точности зубчатого колеса раздаточной коробки	120
Вопросы для самоконтроля.....	126
3. Выполнение чертежей деталей и сборочных единиц	127
3.1. Рекомендации по рациональному нанесению линейных размеров	127
3.2. Примеры выполнения чертежа промежуточного вала раздаточной коробки	129
3.3. Сборочный чертеж раздаточной коробки КамАЗ 4310	134
Вопросы для самоконтроля	142
Литература.....	143
Глоссарий.....	144
Приложение 1. Нормативно-техническая документация, используемая для нормирования точности деталей и сборочных единиц	147
Приложение 2. Образец задания на выполнение курсовой работы по дисциплине «Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения»	151
Приложение 3. Пример оформления титульного листа курсовой работы	153
Приложение 4. Рабочие чертежи деталей раздаточной коробки КамАЗ 4310	154
Приложение 5. Сборочные чертежи раздаточной коробки КамАЗ 4310 и ее сборочных единиц.....	156