

УДК 004.896:378.147

DOI 10.22213/2410-9304-2019-1-102-109

## НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ МЕЖДИСЦИПЛИНАРНОЙ ИНТЕГРАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ «СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ»

*В. В. Сыркин*, доктор технических наук, доцент, Омский государственный технический университет, Омск, Россия

*И. А. Абрамова*, кандидат педагогических наук, Омский автобронетанковый инженерный институт, Омск, Россия

*А. П. Степанов*, кандидат военных наук, Омский автобронетанковый инженерный институт, Омск, Россия  
*Ю. Ф. Галуза*, Омский государственный технический университет, Омск, Россия

*В настоящее время одним из стратегических направлений развития отечественного образования является междисциплинарная интеграция, которая позволит организовать непрерывный процесс профессионального становления будущего специалиста, исключить дублирование учебного материала, наиболее эффективно использовать аудиторные занятия на основе трансфера знаний из одной научной области в другую, повысить качество восприятия информации обучающимися за счет приобретенных ранее знаний. Однако несмотря на обширные исследования в области междисциплинарной интеграции, единой методологии, определяющей основные принципы реализации этого направления как в отдельных предметных областях, так и в образовательных программах вузов в целом, до сих пор нет.*

*Предложены преемственные связи дисциплины «Системы автоматизированного проектирования» («САПР»). Рассмотрены основные направления организации междисциплинарной интеграции дисциплины «САПР» на примере формирования синхронных интегральных связей с дисциплиной «Детали машин и основы конструирования» («ДМ и ОК») с учетом согласованности фундаментальной и практической подготовки студентов. Представлено содержание дисциплины «САПР», сформированное на основе анализа задач дисциплины «ДМ и ОК», выполнение которых не только может быть обеспечено, но и интенсифицировано на основе использования методов и средств систем автоматизированного проектирования. Обоснована эффективность предложенной методики обучения «САПР».*

**Ключевые слова:** САПР, интеграция, образование, проектирование, моделирование, детали.

### Введение

Общественно-политические процессы в Российской Федерации актуализировали задачу подготовки военных инженеров, соответствующих новым, динамически изменяющимся условиям деятельности интеграционного характера. Вместе с тем анализ нормативно-правовых документов федерального уровня позволяет выделить ряд стратегических направлений развития отечественного образования, среди которых следует отметить:

– уточнение целей и форм интеграции образовательной и научной (научно-исследовательской) деятельности в высшем образовании (Федеральный закон от 29.12.2012 № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации»);

– детализация основных целей и принципов государственной научно-технической политики, в том числе в сфере интеграции науки и образования (Федеральный закон от 23.08.1996 № 127-ФЗ «О науке и государственной научно-технической политике»);

– интеграция образования, науки и производства, включающая интеграцию научных исследований с образовательным процессом, научных организаций – с образовательными учреждениями, науки и образования – с производством (в Постановлении Правительства РФ от 04.10.2000

№ 751 «О национальной Доктрине образования» – в качестве одной из основных задач);

– развитие различных форм поддержки научно-технологической деятельности, обеспечивающей интеграцию науки и образования (Федеральный закон от 05.12.2017 № 362-ФЗ «Институциональное развитие научно-исследовательского сектора»; государственная программа РФ «Развитие науки и технологий» на 2013–2020 годы).

Таким образом, можно сделать вывод, что на современном этапе интеграция науки и образования является одним из наиболее приоритетных направлений развития отечественного образования, в том числе и военного. На реализацию данного направления оказывают значительное влияние следующие объективные факторы: требования ФГОС ВО по обеспечению взаимосвязи фундаментальной и практической подготовки с ориентацией на требования заказчика (работодателя); увеличение времени, отводимого на самостоятельную работу обучающихся, за счет сокращения аудиторных часов. Очевидно, что для достижения глобальной цели интеграции науки и образования изначально необходимо в процессе обучения учитывать основные закономерности и формы междисциплинарной интеграции. Все это обуславливает

необходимость поиска новых педагогических технологий, методов и средств обучения, обеспечивающих неизменное высокое качество образовательного процесса.

#### **Проблемы междисциплинарной интеграции**

Образовательный потенциал междисциплинарной интеграции является наиболее перспективным с точки зрения формирования содержания дисциплин на основе дополнения содержания одной дисциплины знаниями из другой, что исключает дублирование учебной информации и позволяет наиболее оптимально использовать аудиторное время. Кроме того, это способствует развитию у студентов умений по использованию определенных методов, алгоритмов и инструментов решения инженерных и профессиональных задач на основе формирования междисциплинарного знания. Однако при обучении студентов в инженерном вузе следует учитывать одно из основных противоречий, которое не позволяет в полной мере реализовать междисциплинарную интеграцию, связанную с неумением студентов организовать свою самостоятельную подготовку по инженерным дисциплинам. В первую очередь это обусловлено неумением анализировать полученные результаты в силу отсутствия способности студента сопоставлять теоретические положения и умение их применять на практике, находить причинно-следственные связи, принимать самостоятельные аргументированные решения. В ряде случаев для этого есть объективные причины – у студентов отсутствует достаточная база знаний для проверки своих промежуточных результатов при выполнении практической работы, особенно научно-исследовательского характера, например курсовых проектов. Соответственно, у студента, сомневающегося в точности промежуточных результатов, не будет уверенности и в конечном результате, что обусловит низкий уровень учебно-познавательной мотивации к самостоятельной работе в целом. Таким образом, будет нарушен один из основных принципов междисциплинарной интеграции, без соблюдения которого нереализуема закономерная зависимость задач от реальных возможностей студентов к обучению [1, 2].

Современное развитие систем автоматизированного проектирования обусловило их обязательное изучение на всех специальностях инженерного профиля. При этом, как показывает практика, изучение дисциплины «САПР» не только позволяет студентам освоить навыки автоматизации выполнения различных видов проектных процедур, но и способствует их даль-

нейшей эффективной оценке при изучении последующих дисциплин, т. е. процессу приобретения знаний, когда воспринятые характеристики нового объекта или явления связываются с существующими знаниями, накопленными в опыте. В большей степени это предопределено междисциплинарным характером процесса моделирования, который может быть воспроизведен в таких элементах учебно-познавательной деятельности, как восприятие зрительных образов разрабатываемых машиностроительных изделий, ознакомление с их основными характеристиками, изучение связанной с ними понятийно-терминологической базы. При этом зрительное восприятие выступает как познавательный процесс, формирующий в сознании обучающегося образ изучаемого процесса или явления. Следует отметить, что восприятие образа и степень соответствия данного образа реальному предмету зависит от процессов, посредством которых это соотношение было реализовано [3]. Поскольку процесс моделирования заключается в построении и изучении моделей реально существующих объектов, а построение выполняется поступательно, то, по сути, содержательная часть данного вида деятельности заключается в приведении разрозненных сведений в логическую систему зависимостей, позволяющую дать правильную оценку как всей совокупности элементов системы, так и каждому из них в отдельности. Таким образом, происходит формирование междисциплинарной базы предварительно приобретенных знаний, которая обуславливает интеграцию дисциплины «САПР» с другими инженерными дисциплинами.

В имеющихся исследованиях по проблемам междисциплинарной интеграции выделяются основные аспекта интеграции: выбор объектов, выбор системообразующего фактора, пути достижения интеграции [4].

#### **Анализ результатов**

В соответствии с учебным планом специальности 23.05.02 «Транспортные средства специального назначения» дисциплина «Системы автоматизированного проектирования» («САПР») изучается студентами в четвертом семестре. Основными целями изучения дисциплины являются: формирование у студентов системы базовых знаний об основных видах обеспечения САПР, в том числе о составе и структуре технических средств; приобретение студентами опыта оценки эффективности применения и последующего выбора компонентов базового программного обеспечения, соответствующих поставленной задаче. При формировании содер-

жания дисциплины в первую очередь учитывалось, что знания, полученные после ее освоения, будут востребованы при выполнении курсовых и дипломных проектов (работ), оформлении проектно-конструкторской документации, автоматизации расчетов технических систем и проектных решений. Структурно-логическая схема дисциплины разработана с учетом преемственных, синхронных и перспективных связей, которые обеспечивают эффективность передачи знаний между «Системами автоматизированного проектирования» (САПР) и другими дисциплинами. Преемственные связи учитывают содержание дисциплин «Информатика» и «Начертательная геометрия и инженерная графика». Указанные дисциплины обеспечивают необходимые сведения о способах построения чертежей типовых элементов всех типов сложности с необходимыми видами и сечениями, в том числе с использованием компьютерной графики, включая выполнение трехмерных моделей объектов; умения выполнять чертежи деталей и сборочных единиц в соответствии с требованиями конструкторской документации, в том числе с использованием методов трехмерного компьютерного моделирования, и применять специализированное и неспециализированное современное программное обеспечение для решения задач, связанных с профессиональной деятельностью. Перспективные связи, как упоминалось выше, ориентированы на дисциплины, в рамках которых осуществляется курсовое проектирование, а также на выполнение выпускной квалификационной работы. Наибольший интерес с методологической точки зрения представляют синхронные связи, которые образуются с дисциплиной «Детали машин и основы конструирования» («ДМ и ОК»). Это обусловлено тем, что на примере взаимосвязи с этой дисциплиной четко прослеживаются особенности и основные принципы междисциплинарной интеграции с инженерными дисциплинами в общем, в которой может быть задействована «САПР». Таким образом, при формировании содержания дисциплины «САПР» были проанализированы задачи дисциплины «ДМ и ОК» и выявлены те, выполнение которых может быть не только обеспечено, но и значительно интенсифицировано на основе использования современных средств и методов систем автоматизированного проектирования. К этим задачам были отнесены следующие: проектирование и расчет механических передач; разработка эскизной компоновки редуктора; изучение подшипников и подшипниковых узлов; изучение соединения «вал-

ступица»; конструирование и расчет корпусов, рам, станин; оформление расчетно-пояснительной записки и выполнение графической конструкторской документации в соответствии с требованиями Единой системы конструкторской документации (ЕСКД) [5, 6].

В качестве основной осваиваемой студентами системы автоматизированного проектирования в вузе используется «Компас 3D», которая в настоящее время занимает лидирующие позиции на рынке отечественного программного обеспечения. «Компас 3D» содержит достаточное количество библиотек, позволяющие на профессиональном уровне создавать модели деталей машин и сборки узлов. Следует отметить одну из этих библиотек – систему «Валы и механические передачи 2D», предназначенную для параметрического проектирования деталей типа «тела вращения» – валов, втулок, цилиндрических и конических шестерен, червячных колес и червяков, шкивов ременных передач. Использование возможностей данной системы позволяет в полной мере качественно справляться с выше обозначенными задачами дисциплины «ДМ и ОК», в первую очередь связанными с курсовым проектированием. При этом, что наиболее важно, при выполнении инженерных расчетов в рамках курсового проектирования в этой системе студенты смогут осуществлять самоконтроль, достоверно отражающий информацию о ходе и результатах расчета.

Возможности системы «Валы и механические передачи 2D» достаточно обширны. В ней можно осуществлять проектные и проверочные расчеты цилиндрических и конических зубчатых, цепных, червячных, ременных передач, автоматически формировать для них технические требования, таблицы параметров, выносные элементы с профилями зубьев. При этом при изменении расчетных параметров передач все элементы чертежа перестраиваются автоматически. Параметрические изображения валов сохраняются непосредственно в чертеже и доступны для последующего редактирования как непосредственно средствами системы «Валы и механические передачи 2D», так и инструментами «Компас-График». Приложение позволяет автоматически создавать в чертеже для тел вращения виды слева и справа, создавать сечения, генерировать их 3D-модели.

Исходя из вышеизложенного, при формировании тематического плана дисциплины «САПР» были сопоставлены выше обозначенные задачи дисциплины «ДМ и ОК» и возможности системы «Валы и механические передачи

2D». В результате одна тема по дисциплине «САПР», включающая одну лекцию и пять практических занятий, позволила обеспечить тесную междисциплинарную интеграцию с «ДМ и ОК». Рассмотрим содержание каждого практического занятия и его интеграцию с содержанием дисциплины «ДМ и ОК» [7, 8].

В рамках первого практического занятия по теме «Проектирование в системе «Валы и меха-

нические передачи 2D» дисциплины «САПР» студенты изучают особенности интерфейса и порядок работы в модуле «Компас-Gears {XE "Компас-Gears"}» (рис. 1). «Компас-Gears {XE "Компас-Gears"}» – это комплекс программ, входящий в состав системы «Валы и механические передачи 2D» и предназначенный для расчета механических передач.

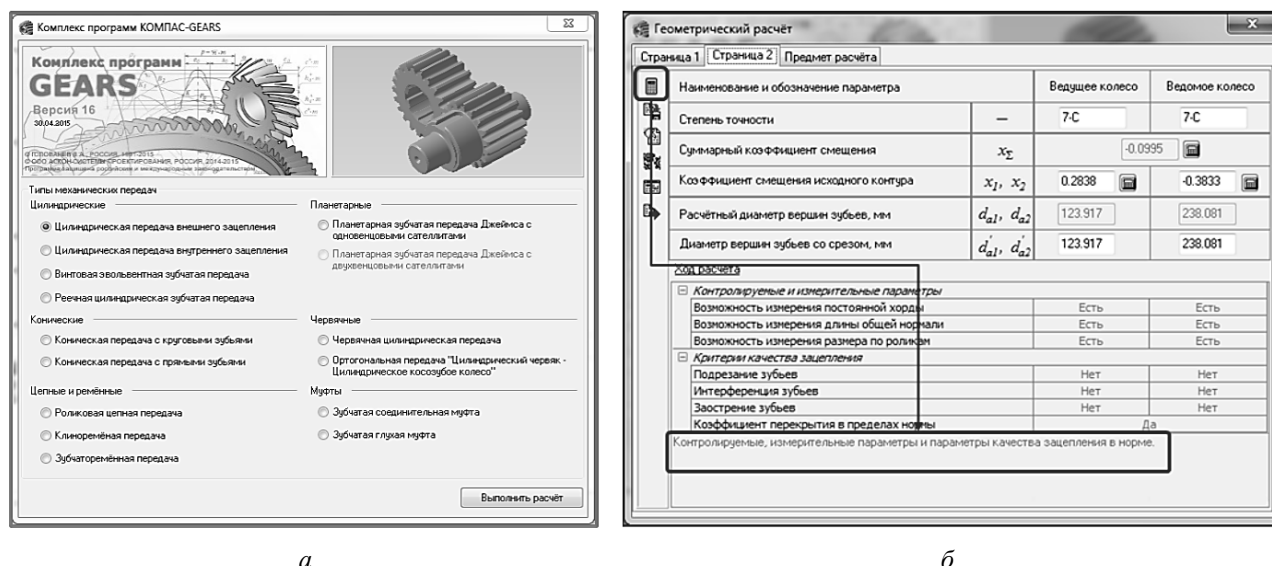


Рис. 1. Диалоговые окна комплекса программ «Компас-Gears»

Основной учебной задачей студентов по итогам данного занятия является – научиться рассчитывать механические передачи, а именно: выполнять геометрический и прочностной расчет цилиндрической, конической и червячной передач; расчет на долговечность цилиндрической и конической передач; расчет на теплоустойчивость червячной передачи. Алгоритмы всех расчетов в «Компас-Gears {XE "Компас-Gears"}» соответствуют действующим ГОСТам. После каждого вида расчета формируется отчет в табличной форме, содержащий все исходные и расчетные данные. В ходе занятия внимание студентов в обязательном порядке акцентируется на ГОСТах, на основании которых выполняются расчеты механических передач или содержащих данные стандартных рядов. Таким образом, обучающиеся не только осваивают навыки автоматизации расчета механических передач, но и получают возможность выполнять самоконтроль при расчете соответствующих этапов курсового проекта. При этом исходные данные в заданиях представлены таким образом, что для ввода всех параметров проектируемого привода в комплексе программ «Компас-Gears» необходимо часть из них предварительно расчи-

тать, а это требует определенного уровня знаний и умений применять нужные формулы. Следовательно, обучающимся необходимо предварительно ознакомиться с алгоритмами расчетов, предопределенными соответствующими ГОСТами.

В последующем это позволяет при освоении темы «Механические передачи» по дисциплине «ДМ и ОК» преодолеть следующее противоречие. При традиционной методике студенты изучают только один вариант расчета цилиндрической, конической и червячной передач. Вместе с тем в соответствии с ГОСТами, например, для цилиндрической передачи существует три варианта расчета: по межосевому расстоянию; по коэффициентам смещения или по диаметрам вершин колес. Как показывает практика, отступление от изученного алгоритма расчета приводило к тому, что студент не мог сориентироваться и принять нужное решение. Использование на занятиях заданий с различным набором исходных данных позволяет сформировать у студентов навыки «гибкого» использования расчетных формул. Это обусловлено необходимостью самостоятельного вычисления в ходе выполнения задания исходных данных для их

указания в диалоговых окнах, но которые при этом в задании не представлены и должны быть предварительно рассчитаны.

Следующие четыре практических занятия ориентированы на автоматизацию выполнения графической части курсового проекта. Содержание занятий поступательно охватывает в порядке повышения сложности все возможности модуля построения системы «Валы и механические передачи 2D». Осваиваемый на этих занятиях модуль построения {XE "Модуль построения системы «Валы и механические передачи 2D»"} предназначен для параметрического проектирования валов и втулок; цилиндрических и конических шестерен; червячных колес и червяков; шкивов клиноременных и зубчатоременных передач; звездочек цепных передач. При этом модели валов и втулок могут состоять

из неограниченного количества простых ступеней различной формы, на которых могут быть смоделированы шлицевые, резьбовые, шпоночные участки и другие конструктивные элементы.

На втором практическом занятии по теме «Проектирование плоских тел вращения в системе «Валы и механические передачи 2D»» студенты изучают интерфейс и назначение модуля построения, а также порядок разработки простых ступеней внешнего и внутреннего контура плоской модели с последующей генерацией ее твердотельной модели (рис. 2). Однако в рамках данного занятия студенты осваивают только основной алгоритм построения ступеней с их доработкой в «Компас-График» (проставка размеров) без проработки дополнительных конструктивных элементов.



Рис. 2. Модуль построения системы «Валы и механические передачи 2D»

Третье практическое занятие посвящено изучению особенностей построения дополнительных конструктивных элементов и порядку построения и редактирования профиля элемента. По итогам занятия студенты должны научиться устанавливать подшипники на простые ступени внешнего контура плоской модели; выполнять построение канавок, резьб, лысок, кольцевых пазов и отверстий.

В рамках четвертого практического занятия студенты изучаются порядок конструирования соединений валов с сопряженными деталями, для этого выполняют на ступенях плоской модели построение шлицев и шпоночных пазов. Кроме того, осваивают порядок размещения в поле чертежа профилей построенных шлицев и шпоночных пазов. Следует отметить, что на этом и последующих занятиях обучающимся

демонстрируются изучаемые конструктивные элементы на учебных макетах, выполненных 3D-печатью на основе технологии послойного наплавления [9, 10].

На пятом занятии студенты осваивают особенности построения элементов механических передач внешнего и внутреннего контура; порядок выполнения расчетов в интегрированной в модуль построения версии комплекса программ «Компас-Gears { XE "Компас-Gears" }» (рис. 3); выполняют построение вала-шестерни на основе предварительного геометрического расчета зубчатых колес в «Компас-Gears { XE "Компас-Gears" }». При этом внимание студентов в том числе акцентируется на требованиях стандарта к порядку размещения в поле чертежа таблицы параметров построенного элемента механической передачи, поясняется содержание ее частей (рис. 4).

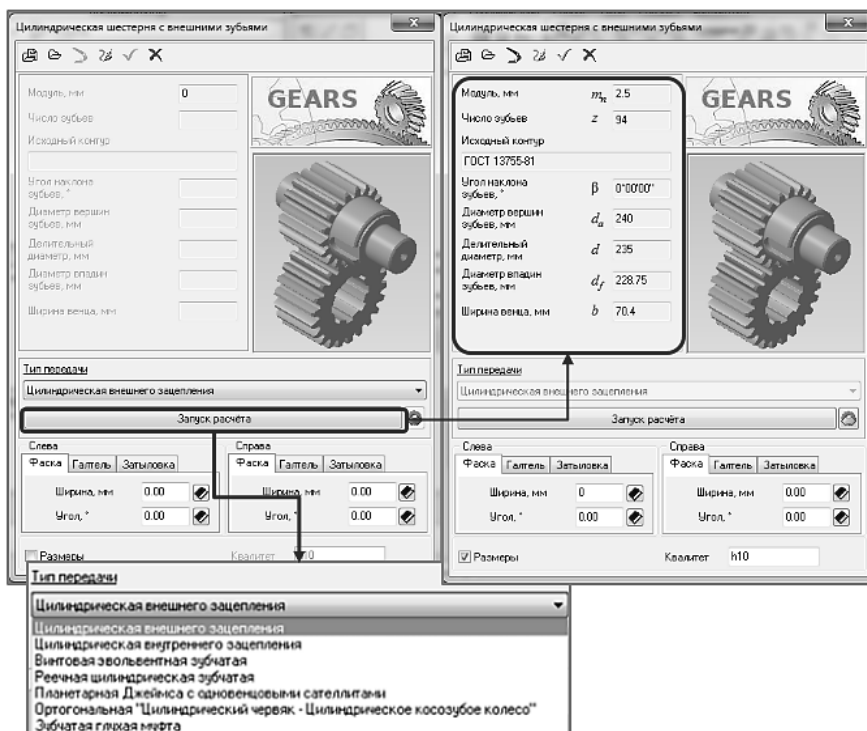


Рис. 3. Главное окно интегрированной версии комплекса программ «Компас-Gears»

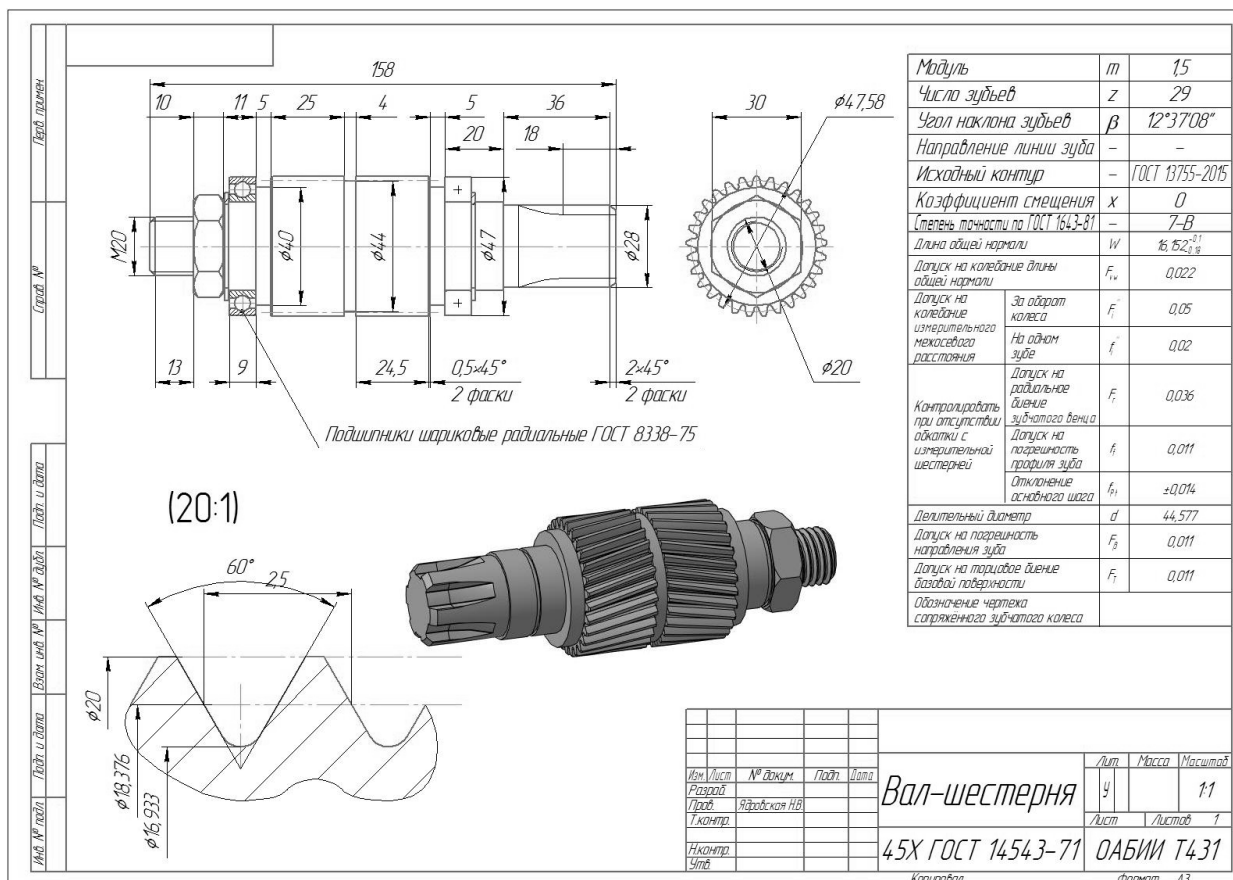


Рис. 4. Образец результата выполнения практического задания

## Выводы

На основании междисциплинарной интеграции САПР и «Детали машин и основы конструирования» показаны направления единой методологии, которые позволяют организовать непрерывный процесс профессионального становления будущего специалиста, исключить дублирование учебного материала и наиболее эффективно использовать аудиторные занятия, а также повысить качество восприятия информации.

Предварительно приобретенные знания позволяют обучающимся в процессе освоения дисциплины «ДМ и ОК» интерпретировать новую информацию, вследствие чего на основе междисциплинарной интеграции происходит значительное повышение усвоения изучаемых дисциплин.

## Библиографические ссылки

1. Астахова Л. В. Герменевтическая методология интеграции содержания высшего образования // Интеграция образования. 2018. Т. 22, № 1. С. 60–76. DOI: 10.15507/1991-9468.090.022.201801.060-076.
2. Jacobs A. Critical hermeneutic and higher education: a respective on texts, meaning and institutional culture // South Africa journal of philosophy. 2014. Vol. 33. P. 297–310. DOI: 10.1080/02580136.2014.948327.
3. Ford D. Lectures of general psychologies volume one, Bloomington: iUniverse, 2015. 206 p.
4. Klaassen R. G. Interdisciplinary education: a case study // European journal of engineering education. 2018. Vol. 43. P. 842–859. DOI: 10.1080/03043797.2018.1442417.
5. Абрамова И. А., Звездин Д. С. Программный модуль «Системы автоматизированного проектирования» // Хроники объединенного фонда электронных ресурсов Наука и образование. 2014. № 10 (65).
6. Зинченко Ю. В., Голобородько А. А. Обзор современных систем автоматизированного проектирования // Потенциал современной науки. 2016. № 4 (21). С. 67–71.
7. Абрамова И. А., Ядровская Н. В., Константинова Л. Ф. Интегрированная система проектирования тел вращения «Валы и механические передачи 2D»: учеб. пособие. Омск : ОАБИИ, 2018. 153 с.
8. Sunnnerjio S. Intelligent computer systems in engineering design, Luxemburg: Springer, 2016. 176 p.

9. Han S., Xiao Y., Qi T., Li Z., Zeng Q. Desing and analysis of fused deposition modeling 3D printer nozzle for color mixing // Advanced in materials science and engineering. Vol. 2017. P. 1-12. DOI: 10.1155/2017/2095137.

10. Yang Z. Jin L., Yan Y., Mei Y. Filament breakage monitoring in fused deposition modeling using acoustic emission technique // Sensors. Vol. 18. 16 p. DOI: 10.3390/s18030749.

## References

1. Astahova L. V. [Hermeneutic integration methodology of higher education content]. *Integraciya obrazovaniya*. 2018. Vol. 22, no. 1. Pp. 60-76. DOI: 10.15507/1991-9468.090.022.201801.060-076 (in Russ.).
2. Jacobs A. Critical hermeneutic and higher education: a respective on texts, meaning and institutional culture. In *South Africa journal of philosophy*. 2014. Vol. 33. Pp. 297-310. DOI: 10.1080/02580136.2014.948327.
3. Ford D. *Lectures of general psychologies volume one*, Bloomington: iUniverse, 2015. 206 p.
4. Klaassen R.G. Interdisciplinary education: a case study // *European journal of engineering education*. 2018. Vol. 43. Pp. 842-859. DOI: 10.1080/03043797.2018.1442417.
5. Abramova I. A., Zvezdin D. S. [Software module "Computer Aided Design"]. *Hroniki ob"edinennogo fonda ehlektronnyh resursov Nauka i obrazovanie*. 2014. No. 10 (65). (in Russ.).
6. Zinchenko Y.V., Goloborod'ko A.A. [Review of modern computer-aided design systems]. *Potencial sovremennoj nauki*. 2016. No. 4(21). Pp. 67-71 (in Russ.).
7. Abramova I. A., Yadrovskaya N. V., Konstantinova L. F. *Integrirovannaya sistema proektirovaniya tel vrashcheniya «Valy i mekhanicheskie peredachi 2D»: uchebnoe posobie* [Integrated system for designing bodies of rotation "Shafts and mechanical gears 2D"]. Omsk, OABII, 2018. 153 p. (in Russ.).
8. Sunnnerjio S. *Intelligent computer systems in engineering design*, Luxemburg: Springer, 2016. 176 p.
9. Han S., Xiao Y., Qi T., Li Z., Zeng Q. Desing and analysis of fused deposition modeling 3D printer nozzle for color mixing. In *Advanced in materials science and engineering*. Vol. 2017. P. 1-12. DOI: 10.1155/2017/2095137.
10. Yang Z. Jin l., yan y., mei y. Filament breakage monitoring in fused deposition modeling using acoustic emission technique. In *sensors*. Vol. 18. 16 P. DOI: 10.3390/S18030749.

\*\*\*

## Some Aspects of Interdisciplinary Integration of the Discipline «Computer-Aided Design Systems»

V. V. Syrkin, DSc in Engineering, Associate Professor, Omsk State Technical University, Omsk, Russia  
 A. I. Abramova, PhD in Education, Omsk Tank-Automotive Engineering Institute, Omsk, Russia  
 A. P. Stepanov, PhD (Military Science), Omsk Tank-Automotive Engineering Institute, Omsk, Russia  
 Y. F. Galuza, Omsk State Technical University, Omsk, Russia

Currently, one of the strategic directions of the development of domestic education is inter-disciplinary integration, the implementation of which allows to organize a continuous process of professional development of the future specialist, including elimination of educational material duplication, the most effective use of contact classes based on the transfer of knowledge from one sci-

entific field to another, to improve the quality of perception of information by students at the expense of the accumulated apperception mass. However, despite extensive research in the field of interdisciplinary integration, there is still no single methodology that determines the basic principles of the implementation of this direction, both in individual subject areas and in the educational programs of universities as a whole.

The potential succession, synchronous and perspective connections of the discipline «Computer-aided design» are offered. The main directions of the organization of interdisciplinary integration of the discipline «CAD» on the example of the formation of synchronous integrated links with the discipline «Machine parts and design basics» taking into account the consistency of the fundamental and practical training of cadets. The paper presents the content of the discipline «CAD», formed on the basis of the analysis of the discipline «MP and DB», the implementation of which can not only be provided, but also intensified through the use of methods and tools of computer-aided design. The effectiveness of the proposed method of training «CAD» is substantiated.

**Keywords:** interdisciplinary integration, engineering education, computer-aided design, modeling, apperception, synchronous communications, machine parts.

Получено: 10.01.19