

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

Кафедра технологии машиностроения,
металлообрабатывающих станков и комплексов

А. Н. Поляков, И. П. Никитина

**ИЗУЧЕНИЕ СПЕЦИАЛЬНОЙ
ДИСЦИПЛИНЫ
«ТЕХНОЛОГИЯ И ОБОРУДОВАНИЕ
МЕХАНИЧЕСКОЙ И
ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКОЙ
ОБРАБОТКИ»**

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Рекомендовано к изданию редакционно-издательским советом федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Оренбургский государственный университет» для обучающихся по образовательным программам высшего образования – программам подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре 15.06.01 Машиностроение

Оренбург
2017

УДК 621.9.06-52:004.4 (076.5)
ББК 34.63-5.05я7+32.973-018.я7
П 54

Рецензент – доктор технических наук, профессор А.И. Сердюк

П 54 **Поляков, А. Н.**
Изучение специальной дисциплины «Технология и оборудование механической и физико-технической обработки»: методические указания / А. Н. Поляков, И. П. Никитина; Оренбургский гос. ун-т. – Оренбург: ОГУ, 2017. – 34 с.

В методических указаниях представлена методика изучения специальной дисциплины по направлению подготовки 15.06.01 Машиностроение, направленности «Технология и оборудование механической и физико-технической обработки».

УДК 621.9.06-52:004.4 (076.5)
ББК 34.63-5.05я7+32.973-018.я7

© Поляков А. Н.,
Никитина И. П., 2017
© ОГУ, 2017

Содержание

Введение	4
1 Содержание разделов дисциплины	5
2 Указания к практическим занятиям	15
3 Указания для контроля знаний с использованием фонда оценочных средств	29
4 Указания для подготовки к сдаче кандидатского минимума по специальности ..	32
Контрольные вопросы.....	33
Список использованных источников	34

Введение

Целью образовательной программы по направлению 15.06.01 Машиностроение и направленности «Технология и оборудование механической и физико-технической обработки» является обеспечение подготовки кадров высшей квалификации, готовых к проведению научно-исследовательской деятельности в области проектирования и функционирования: машин и технологической оснастки, новых видов механической и физико-технической обработки материалов в условиях высокотехнологичного автоматизированного производства.

Это обусловлено областями, объектами и видами профессиональной деятельности выпускников, освоивших программу аспирантуры по направлению подготовки 15.06.01 Машиностроение. Например, основным видом профессиональной деятельности, к которому готовится выпускник, является: научно-исследовательская деятельность в области проектирования и функционирования машин, приводов, информационно-измерительного оборудования и технологической оснастки, мехатроники и робототехнических систем, автоматических и автоматизированных систем управления производственными и технологическими процессами, систем конструкторской и технологической подготовки производства, инструментальной техники, новых видов механической и физико-технической обработки материалов, информационного пространства планирования и управления предприятием, программ инновационной деятельности в условиях современного машиностроения. В соответствии с этим в действующем учебном плане аспиранта предусматривается специальная дисциплина «Технология и оборудование механической и физико-технической обработки», изучению которой отводится два семестра.

1 Содержание разделов дисциплины

Дисциплина включает изучение шести основных.

Первый раздел дисциплины – *Резание материалов*.

Это один из базовых разделов для машиностроения, рассматривающий общие вопросы резания материалов как самостоятельной области исследований. Сущность процесса резания заключается в удалении части материала заготовки в виде стружки с целью получения детали с необходимой геометрической формой, точностью и шероховатостью. Так как процесс резания подразделяют на лезвийную и абразивную обработку, то важнейшим вопросом при изучении *Резания материалов* являются: геометрические параметры режущей части инструментов и определение основных элементов резания.

В этом разделе рассматриваются все основные виды обработки резанием: точение, фрезерование, сверление, резьбонарезание, зубообработка, абразивная и другие. Для каждого из видов резания рассматриваются параметры срезаемого слоя и кинематика резания. Для обеспечения заданного качества обработки необходимо учитывать и знать особенности влияния элементов резания на геометрические параметры режущих инструментов. Огромное влияние на производительность резания и качество обработанной поверхности оказывают материалы, из которых изготовлен режущий инструмент. В настоящее время применяют как специальные легированные стали, так и твердые сплавы и минералокерамику.

Для обеспечения заданного качества обрабатываемых поверхностей необходимо учитывать влияние различных факторов на стружкообразование и сопутствующих физико-химических явлений, важнейшим из которых является нарост. Правильный выбор режимов резания, геометрии инструмента, материала режущей части инструмента является, в настоящее время, особенно актуальным при разнообразии предлагаемого потребителю режущего инструмента. Многие вопросы выбора согласованных режимов резания могут быть решены только экспериментальным путем. Однако, общий характер влияния различных факторов на силы резания способ-

ствует повышению эффективности назначения режимов резания для конкретных технологических переходов.

Важнейшими составляющими процесса резания являются: стойкость инструмента – она напрямую оказывает влияние и на технологию изготовления детали, и ее технико-экономические показатели, тепловой баланс при резании, источники тепловыделения и их значение при различных скоростях резания.

В данном разделе изучаются не только теоретические вопросы резания, но и различные инженерные методики расчетов, например, режимов резания. Знакомятся с особенностями не только процессов точения, но и обработки отверстий и фрезерования.

Второй раздел дисциплины – *Режущий инструмент*.

Процесс резания выполняется с использованием режущих инструментов. Несмотря на многообразие режущего инструмента, все фирмы-изготовители руководствуются общими принципами и методами их изготовления. Все инструменты классифицируются по определенным группам, типам и видам. Маркировка инструмента для каждой фирмы является уникальной, но режущие свойства – типовые. Поэтому аспирант по направлению 15.06.01 Машиностроение и направленности 05.02.07 Технология и оборудование механической и физико-технической обработки обязан хорошо разбираться в общих вопросах выбора и проектирования режущего инструмента. Он обязан знать назначение и классификацию режущего инструмента, а также требования, предъявляемые к режущим инструментам, обеспечивающим высокую производительность, точность и качество обработанных деталей.

Основной объем лезвийной обработки осуществляется в ходе токарной и фрезерной обработок. Поэтому важнейшую группу инструментов составляют резцы и фрезы. Аспирант обязан знать все типы резцов, их назначение и область применения. Знание конструктивных и геометрических параметров резцов позволит осуществить правильный их выбор при проектировании или технологического процесса изготовления детали, или средства технологического оснащения технологического процесса. Аналогичные вопросы необходимо рассмотреть при изучении фрез. Особое внимание обратить на геометрические параметры концевых фрез.

Несмотря на то, что протяжки эффективны для крупносерийного производства, их типы, назначение и область применения должны быть освоены при изучении данной дисциплины.

Для обработки отверстий наряду с фрезами применяют сверла, зенкеры и развертки. Специалист высшей квалификации обязан знать их назначение, область применения, методы заточки, конструктивные и геометрические параметры, а также материалы, из которых изготавливают данный режущий инструмент.

В мехобработке особое место занимает резьбонарезной инструмент: это резцы, резьбонарезные гребенки и головки, метчики, плашки и резьбовые фрезы. Специфические особенности схем резания каждого резьбонарезного инструмента определяют дальнейший выбор оборудования и оказывают влияние на проектируемую технологию изготовления детали.

С масштабным внедрением в современное производство оборудования, оснащенного системами числового программного управления (ЧПУ), особую актуальность приобретают зубообрабатывающие инструменты, работающие по методу копирования: дисковые зуборезные фрезы, пальцевые фрезы, зубодолбежные головки, протяжки для зубчатых колес наружного и внутреннего зацепления, шлифовальные круги. Необходимо знать принципы их работы, преимущества, недостатки, качество получаемой поверхности, а также их конструктивные и геометрические параметры.

Наибольшую точность при зубообработке обеспечивают инструменты, работающие с профилированием по методу обката. К ним относят зубострогальные гребенки, червячные зуборезные фрезы, зуборезные долбяки и шеверы. Для разработки проектов соответствующего оборудования или совершенствования технологий необходимо знать принципы работы данного инструмента, преимущества, недостатки и качество получаемой поверхности, а также их конструктивные и геометрические параметры.

Третий раздел дисциплины – *Металлорежущие станки.*

Базовыми понятиями при проектировании и выборе станков являются технико-экономические показатели и критерии их работоспособности. Для любого станка определяющим его компоновку, технико-экономические показатели и работоспо-

способность, являются принципы формообразования поверхностей. Выбор того или иного принципа формообразования напрямую связан с его кинематической структурой. Уточнив компоновку станка на основе движений формообразования его рабочих органов, следует переходить к изучению основных узлов и механизмов станочных систем.

Характерным для отечественного производства является большой парк токарных станков. В данном разделе дисциплины необходимо изучить компоновки токарных станков (в том числе станков с ЧПУ), основные их узлы и характерные параметры.

Другую важную группу станков составляют сверлильные станки. Для станков с ЧПУ операции, выполняемые на сверлильных станках, являются их неотъемлемой частью. Для обработки отверстий в условиях единичного производства актуальны сверлильные станки с ручным управлением: вертикально-сверлильные и радиально-сверлильные станки. Необходимо знать их назначение и область применения, схемы возможных компоновок, особенности кинематической схемы, а также основные узлы и их конструкции.

В основе многих многоцелевых станков с ЧПУ лежат горизонтально- и координатно-расточные станки с ручным управлением. При изучении этого раздела дисциплины необходимо обратить внимание на назначение и область применения расточных станков. Рассмотреть все типы расточных станков, схемы обработки, типовые компоновки, а также основные узлы и особенности кинематической схемы.

Учитывая, что операции долбления и строгания в настоящее время стремятся заменять фрезерованием, область применения долбежных и строгальных станков существенно сужена. Тем не менее, специалист высшей квалификации обязан иметь хорошее представление о долбежных и строгальных станках. Знать: назначение и область их применения; основные узлы и их конструкцию; особенности кинематической схемы.

Изучив во втором разделе дисциплины конструктивные особенности протяжек, необходимо изучить: назначение и область применения; типы протяжных станков.

Особое внимание при изучении данного раздела следует обратить на фрезерные станки (в том числе с ЧПУ), так как в общем станочном парке страны они занимают второе место. Параллельно следует рассмотреть многоцелевые станки для обработки корпусных и плоских деталей. Многие конструкции станков с ЧПУ были созданы в ходе глубокой модернизации фрезерных станков. Различают горизонтально- и вертикально-фрезерные станки. Как и для всех ранее рассмотренных станков необходимо изучить: назначение и область применения фрезерных станков, основные их виды, типовые компоновки, основные узлы и их конструкции; особенности кинематических схем.

Большое внимание на финишных операциях отводят шлифовальной группе станков. Следует изучить: назначение и область применения шлифовальных станков; их классификацию, а также специфические особенности конструкции – способы крепления шлифовальных кругов, балансировку и правку шлифовального круга. Различают плоскошлифовальные, круглошлифовальные, бесцентровошлифовальные и внутришлифовальные станки. Для разных типов станков необходимо знать схемы основных движений и типовые компоновки и уметь читать кинематические схемы станков. Для всех типов шлифовальных станков аспирант должен знать основные узлы и их конструктивные особенности.

В настоящее время в отечественном машиностроительном комплексе зубообрабатывающие станки занимают все меньшее место, так как многие предприятия передают зубообработку на аутсорсинг. Зубообрабатывающие станки с ЧПУ в России практически не выпускают. Зубообрабатывающие станки с ручным управлением перестали производить. Тем не менее зубчатые колеса являются основой любого редуктора, устанавливаемого не только в станках, но и в любой другой машине. Специалист высшей квалификации должен знать: классификацию и типовые варианты технологических процессов обработки зубчатых колес резанием; методы обработки профилей зубьев цилиндрических колес и схемы их нарезания. Различают зубофрезерные, зубодолбежные, зубострогальные и зубошлифовальные станки. При изучении данного раздела дисциплины необходимо уделить особое внимание компоновкам станков и их кинематическим структурам. Следует изучить основные уз-

лы станков и их конструктивные особенности. Особое внимание следует уделить изучению особенностей зубообрабатывающих станков с ЧПУ. При изучении этой группы станков необходимо акцентировать внимание на реализованные в станке методы формообразования.

С конца XX века все большее развитие получают станки четвертой группы, к которым относят электроэрозионные и ультразвуковые станки. Станки предназначены для обработки всех видов материалов – черные, цветные, труднообрабатываемые, полимерные, а также графит. Станки характеризуются высоким качеством и точностью обработки поверхностей сложного профиля. В этом разделе необходимо изучить: взаимосвязь основных физико-химических процессов при электроэрозионной обработке; схемы электроэрозионной обработки; конструкции основных узлов.

В рамках дисциплины необходимо получить представление об основных типах автоматических линий (АЛ). Необходимо знать принципиальные отличия между автоматическими линиями, предназначенными для обработки корпусных деталей и деталей типа тел вращения. Иметь представление о переналаживаемых автоматических линиях.

Несмотря на то, что в отечественной промышленности гибкие производственные системы (ГПС) занимают очень незначительный сегмент – в основном в автомобильной отрасли. Дальнейшие тенденции глобализации автоматизации технологических процессов приводят к неизбежному росту этого сегмента экономики. Поэтому в этом разделе дисциплины предлагается изучить классификацию и структурные схемы ГПС, возможные компоненты ГПС.

Гораздо больший сегмент нашей машиностроительной отрасли использует гибкие производственные модули (ГПМ) и гибкие автоматизированные участки (ГАУ). В данном разделе дисциплины следует изучить: структуру ГПМ и ГАУ, выбор и расчет их технических характеристик; основные компоновки станков в ГПМ и ГАУ для обработки корпусных и деталей тел вращения.

Четвертый раздел дисциплины – *Расчет и конструирование станков.*

В этом разделе большое внимание традиционно уделяется приводу главного движения и приводам подачи. Наряду с приводами со ступенчатым регулированием

необходимо рассмотреть приводы с бесступенчатым регулированием. Необходимо иметь представление о множительных структурах. Обучающийся должен уметь определять диапазоны рабочих скоростей и подач, расчетные нагрузки в станках. В станках с ручным управлением актуально применение многоскоростных электродвигателей и сложенные структуры, а также структуры со связанными колесами.

Все металлорежущие станки снабжены приводом подачи. В данном разделе дисциплины изучаются основные проектные критерии и структура привода подач; обучающийся должен знать основные зависимости для расчета привода.

Шпиндельный узел (ШУ) является конечным звеном привода главного движения. Он характеризуется жесткостью и демпфированием. При всем многообразии шпиндельных узлов можно выделить типовые схемы и конструкции. Обучающийся должен знать материалы, применяемые для изготовления ШУ. При изучении этого раздела дисциплины большое внимание должно быть уделено основным типам опор, применяемых в ШУ. Необходимо получить представление податливости ШУ на опорах качения. Обучающийся должен уметь выполнять расчеты шпиндельных узлов станков: расчет статических характеристик шпиндельных узлов; определение оптимального межопорного расстояния; расчет жесткости подшипников качения и опор, собранных на них. Большое внимание в последнее время уделяется бесконтактным типам опор: опорам жидкостного трения. К опорам жидкостного трения относят гидростатические и гидродинамические опоры. Необходимо знать требования, предъявляемые к данным типам опор; особенности их конструктивного исполнения. Уметь произвести расчет гидростатических опор. Обучающийся должен иметь представление о различных системах питания опор жидкостного трения. Различают систему питания насос-карман и дроссельную систему питания. Обучающийся должен получить представление о гидродинамических опорах, их конструктивном исполнении и возможных видах расчета.

Большое внимание в металлорежущих станках отводится направляющим, так как направляющие определяют правильность и точность перемещения инструмента и заготовки по заданной траектории. Различают направляющие: смешанного и жидкостного трения, качения, газовые и магнитные. Обучающийся должен знать: клас-

сификацию направляющих; требования, предъявляемые к ним; их конструктивные особенности. Уметь выполнить расчет на жесткость. Иметь представление о фактической и контурной площади контакта.

Несущая система станка во многом определяет технико-экономические показатели всего станка. Обучающийся должен знать основные требования, предъявляемые к ней, уметь производить инженерный расчет на жесткость. Знать конструктивные особенности базовых деталей станка.

Пятый раздел дисциплины – *Основы САПР станков.*

В общей теоретической части этого раздела изучается процесс проектирования и его автоматизация. Рассматриваются этапы проектирования и его виды, принципы построения систем автоматизированного проектирования (САПР), уровни автоматизации проектирования, реализация математических моделей на компьютерах. Дается представление о различных видах обеспечения САПР: техническое, лингвистическое, математическое, информационное, алгоритмическое, программное и методическое. По каждому из видов обеспечения обучающийся должен иметь представление. Например, для технического обеспечения – основные компоненты; для лингвистического – языки программирования и проектирования.

При изучении данного раздела дисциплины необходимо:

- уделить большое внимание теоретической проработке метода конечных элементов (МКЭ), его основным положениям, основным этапам его реализации, типовым конечным элементам;
- уметь осуществлять вывод определяющих уравнений для задач статики, динамики и теплопроводности;
- знать уравнения переноса тепла в МКЭ: одномерный, двумерный и трехмерный случаи переноса тепла;
- иметь представление об однородных координатах и термоупругой модели станка.

Важнейшим элементом САПР станков является оптимизация технических решений. Обучающийся должен знать основные этапы оптимизации: компоненты оптимизации. Из всего многообразия оптимизационных методов необходимо выделить

практически реализуемые. Уметь выявлять трудности, возникающие при проведении оптимизации. Различают однокритериальную и многокритериальную (векторную) оптимизацию. Обучающийся должен уметь осуществлять постановку задачи оптимизации.

Наряду с оптимизацией большое значение в научных исследованиях играет идентификация, под которой понимают процесс уточнения математической модели по результатам экспериментальных исследований.

Обучающийся должен приобрести навыки работы в системе MATLAB при решении задач оптимизации и идентификации. В качестве исходных данных необходимо использовать результаты собственных натуральных экспериментов.

Шестой раздел дисциплины – *Математическое моделирование в машиностроении*.

В первом параграфе раздела необходимо рассмотреть общие положения о математическом моделировании станков. Для аспирантов профиля «Технология и оборудование механической и физико-технической обработки» типовые вопросы, рассматриваемые в этом разделе, связаны или с моделированием станков, или с обработкой результатов натуральных экспериментов, например, при создании новой (совершенствовании известной) технологии механической или физико-технической обработки. Лучше всего для этого следует использовать САЕ-системы и системы автоматизированных математических вычислений. Достаточно востребованными, в практике отечественного машиностроения, являются САЕ-системы, как Ansys, COSMOS, Siemens NX, NASTRAN, Catia. Среди наиболее мощных систем автоматизированных математических вычислений следует выделить Maple, Mathematika и Matlab.

В идеале аспирант должен знать и уметь использовать в своей научной деятельности несколько альтернативных систем. Всегда можно подобрать блок задач с максимальной эффективностью решения для конкретной системы.

Две САЕ-системы Siemens NX и Ansys имеют с одной стороны принципиальные отличия в использовании, с другой стороны в учебных планах подготовки бакалавров и магистров по направлениям 15.03.05 Конструкторско-технологическое

обеспечение машиностроительных производств, 15.04.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств и 15.03.06 Мехатроника и робототехника, изучается система Ansys на уровне «владеть навыками». Эти направления подготовки бакалавров и магистров обеспечивают основной набор аспирантов по направлению «Технология и оборудование механической и физико-технической обработки». CAE-система Ansys имеет очень большой потенциал для изучения, поэтому в рамках подготовки аспирантов следует в первую очередь обратить внимание на те разделы системы, которые не были изучены на предыдущих уровнях образования (бакалавриат и магистратура). Модуль инженерного анализа системы Siemens NX, называемый Simulation, предусмотрен для изучения только в программе подготовке магистров на уровне «уметь», но не владеть навыками. В рамках подготовки аспирантов необходимо освоить эту систему на уровне «владеть навыками». При изучении CAE-систем обратить внимание на основные математические модели, реализуемые в автоматизированных системах математических вычислений и CAE-системах, методологию их разработки в изучаемых системах. Провести исследование статических и динамических характеристик несущей системы станка. Рассмотреть решение контактной задачи.

Анализируя освоение систем автоматизированных математических вычислений в ходе предыдущих уровней подготовки аспиранта (уровни бакалавриата и магистратуры), следует отметить, что он изучает некоторые разделы системы MathCad на уровне «уметь». Однако, возможности этой системы в сравнении с системой Matlab - несопоставимы. Система Matlab, в сочетании с пакетами расширений (toolbox), дает очень широкие возможности для решения огромного комплекса задач, позволяя создавать собственные программные средства. Поэтому в данном разделе дисциплины предложено изучение системы математических вычислений Matlab на уровне «владеть навыками». Предлагается создать программное средство, использующее графический пользовательский интерфейс и обязательно, решающий задачи идентификации и оптимизации.

В рамках изучения данного раздела дисциплины предлагается изучить некоторые аспекты технологий быстрого прототипирования. Необходимо познакомиться

с основными аддитивными технологиями, построить редуктор и напечатать его на 3D-принтере.

2 Указания к практическим занятиям

Рабочей программой предусмотрены практические занятия:

- подбор режимов резания для прогрессивных инструментов Sandvik Coromant;
- выбор инструментов для высокоскоростной обработки;
- изучение компоновок фрезерных станков с ЧПУ HAAS;
- подбор двигателей для приводов станков, реализующих высокоскоростную обработку;
- разработка твердотельных моделей в системе NX;
- расчет моделей станков в CAE-системе Ansys;
- расчет моделей станков в системе Siemens NX.

Занятия охватывают все разделы дисциплины. Первый семестр, отводящийся на изучение дисциплины, отводится на углубление знаний в области современного инструмента и компоновок современных станков с ЧПУ. Второй семестр отводится на изучение автоматизированных систем.

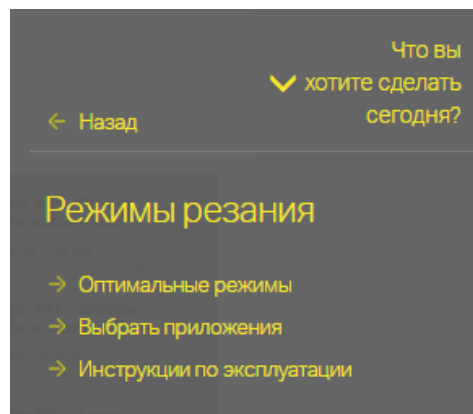
При выполнении *первой практической работы* необходимо использовать информационную поддержку с сайта производителя режущих инструментов *Sandvik Coromant*. Перейдя по ссылке [1] на сайт производителя вместе со стартовой страничкой автоматически откроется всплывающее контекстное меню (рисунок 1 а). Для подбора режимов резания следует перейти к панели *Режимы резания*. Активация данной панели приводит к возникновению нового контекстного меню *Режимы резания* (рисунок 1 б). Для выбора оптимальных режимов резания следует перейти к первому подменю *Оптимальные режимы*.

Активация подменю *Оптимальные режимы* приводит к выводу нового диалогового окна (рисунок 2). На первом этапе необходимо определить тип обрабаты-

ваемой детали. Детали делят на два типа: тела вращения и корпусные. Первый тип используют для токарной обработки; второй – для фрезерной, сверлильной, расточной и так далее.



а)



б)

Рисунок 1 – Контекстные меню для расчета режимов резания



Рисунок 2 – Диалоговое окно выбора режимов резания для деталей тел вращения или корпусных

Для примера рассмотрим назначение режимов резания для некоторых токарных технологических переходов. Активируем деталь тела вращения путем наведения курсора мыши и нажатия ее левой кнопки – это приводит к вызову диалогового окна *Symmetrical rotating* (рисунок 3). На детали (см. рисунок 3) представлено пять различных поверхностей с соответствующими типовыми технологическими переходами: наружная резьба (*Thread*), наружное точение (*External*), растачивание (*Internal*), обработка отверстий вращающимся инструментом (*Hole in rotating component*), отрезка и обработка канавок (*Parting and Groove*).

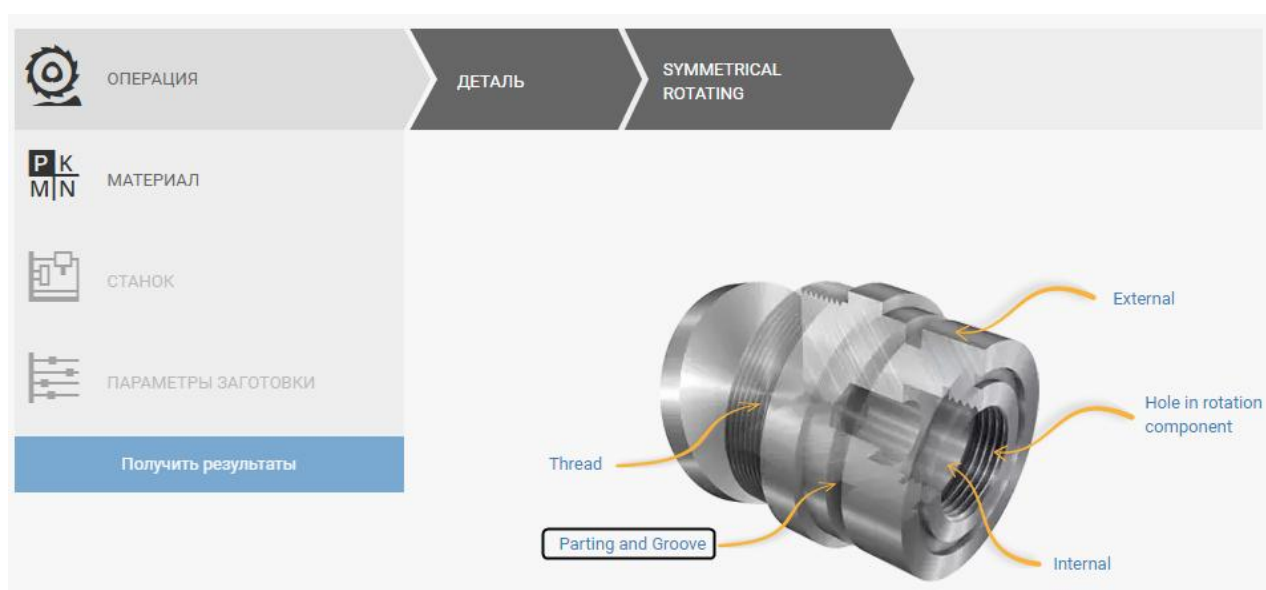


Рисунок 3 – Диалоговое окно *Symmetrical rotating*

Назначим режимы резания для канавки (*Groove*). Выберем соответствующий переход (*Part and Groove*). Для выбора оптимальных режимов резания для канавки выберем команду *Внешняя канавка (External groove)*, выбрав указателем мыши (рисунок 4). Это приводит к выводу основного диалогового меню расчета режимов резания (рисунок 5). По умолчанию все поля ввода заполнены некоторыми данными, которые необходимо откорректировать. Например, введем для наружного диаметра заготовки (параметр DMS, первое поле ввода) 36 мм. Глубина канавки задается параметром DME (второе поле ввода) 32 мм. Ширина канавки принимается равной ширине резца – 3 мм. Остальные параметры в меньшей степени влияют на

выбор значений режимов резания, но определяют марку как режущей пластины, так и державки.

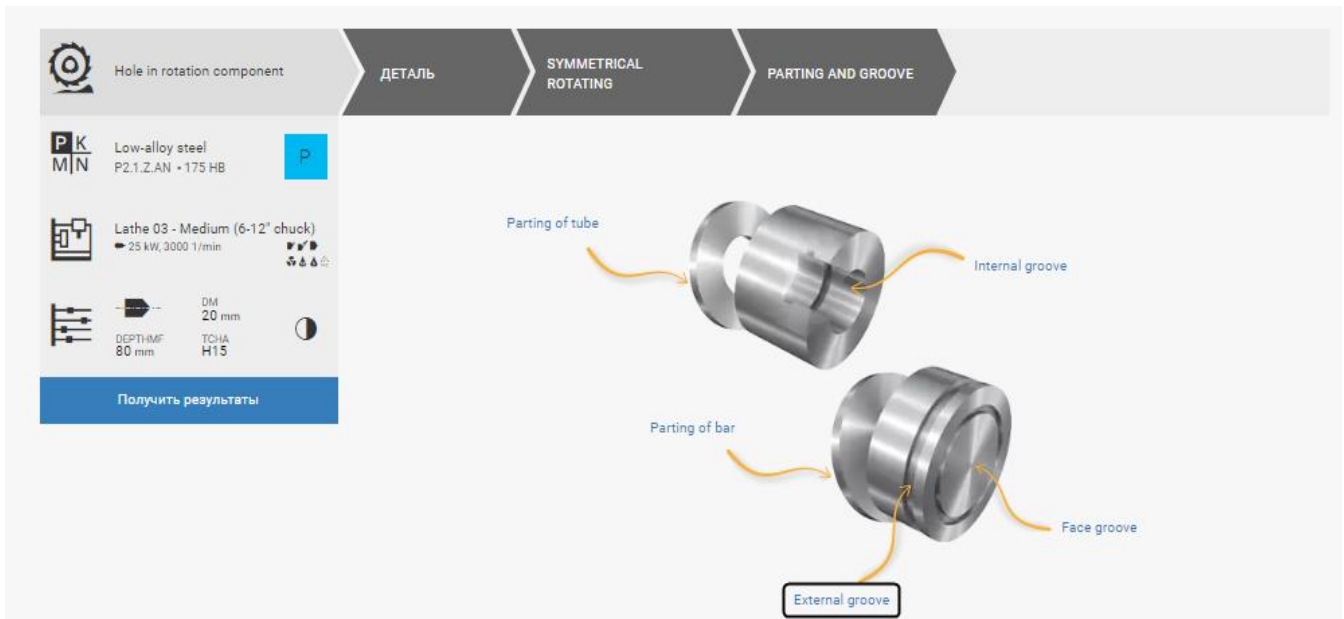


Рисунок 4 – Диалоговое окно *Parting and Groove*

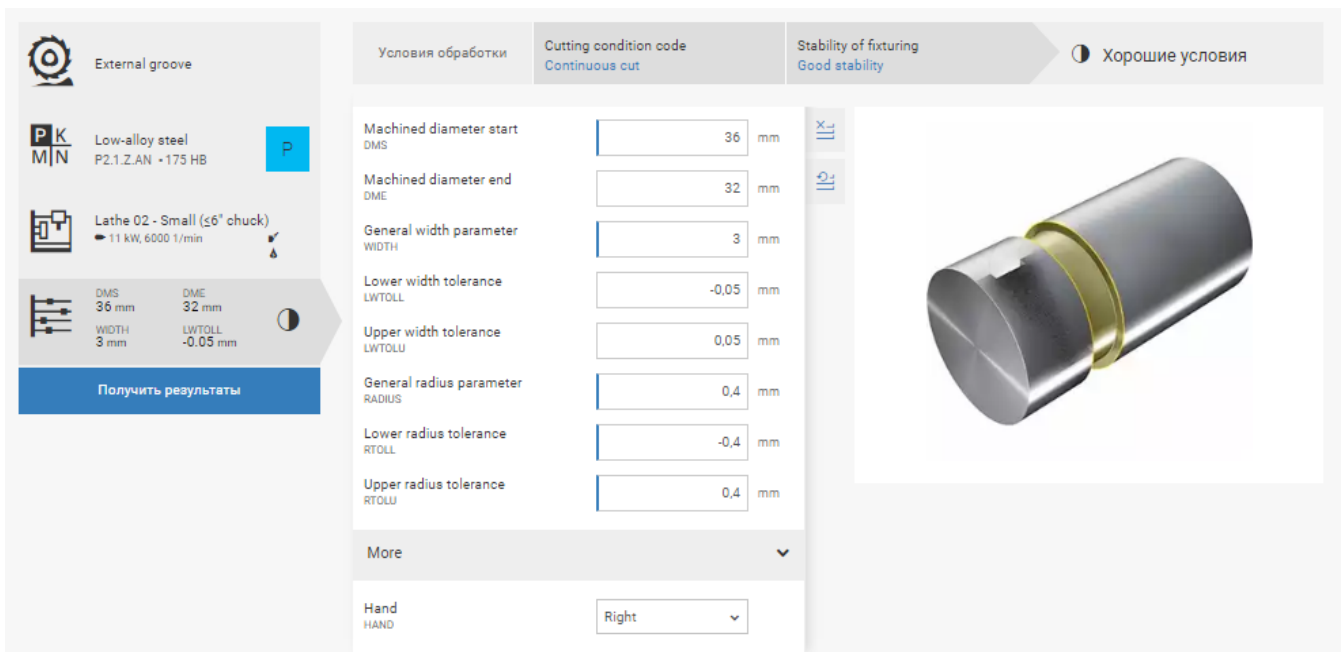


Рисунок 5 – Основное диалоговое окно назначения режимов резания для обработки канавки на наружной поверхности

На рисунке 6 представлен результат: режимы резания и рекомендуемый режущий инструмент.

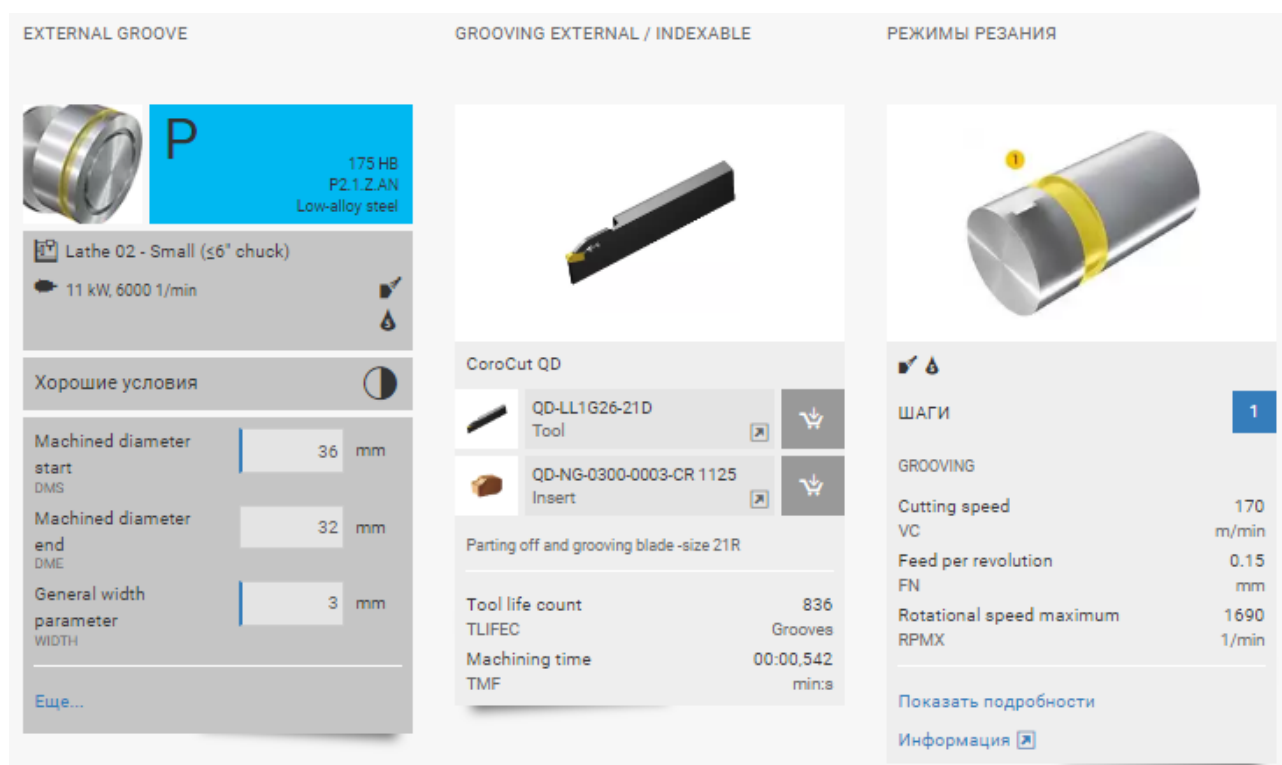


Рисунок 6 – Диалоговое окно результатов

На втором практическом занятии при выборе прогрессивного режущего инструмента для высокоскоростной обработки можно использовать тот же сайт, который был использован на первом практическом занятии. В качестве примера рассмотрим выбор концевой фрезы для обработки уступов.

Как и на первом практическом занятии для входа в базу данных режущих инструментов будем использовать всплывающее контекстное меню (см. рисунок 1 а). Далее следует активировать панель *Найти инструмент* (рисунок 7). Выбрав подменю *Рекомендации по инструменту*, следует перейти к приложению *ToolGuide* (см. рисунок 2). Выбрав корпусную деталь (*Non rotating*), система вызывает новое диалоговое окно (рисунок 8). В этом окне следует выбрать геометрический элемент *pocket*. Карманы могут иметь различную форму – это оказывает влияние как на выбор геометрических параметров инструмента, так и режимов резания. В рассматриваемом примере используется карман прямоугольной формы – *Rectangular pocket In*

solid material. Уточнение *In solid material* означает, что выбираемая фреза должна иметь возможность осевой подачи.

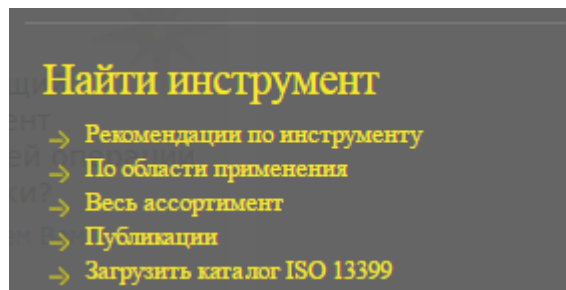


Рисунок 7 – Панель *Найти инструмент*



Рисунок 8 – Диалоговое окно *NON ROTATING*

На рисунке 9 приведено основное диалоговое окно для выбора фрезы. В качестве первого параметра *CTPT (Operation type)* предложено использовать три варианта механической обработки: *Pre-machining* (дословно означает предварительная или черновая обработка), *finishing* (финишная обработка) и их комбинацию. Для второго параметра *DEPTHMF* задается глубина фрезерования, равная глубине кармана. Для третьего параметра *WIDTH* задается ширина кармана. В качестве четвертого параметра *LENGTH* задается длина кармана. Значение пятого параметра *RADIUS* согласовывается с диаметром выбираемой фрезы. Понятно, что максимальный диаметр

фрезы не может превышать удвоенного значения радиуса кармана **RADIUS** в плоскости **XY**.

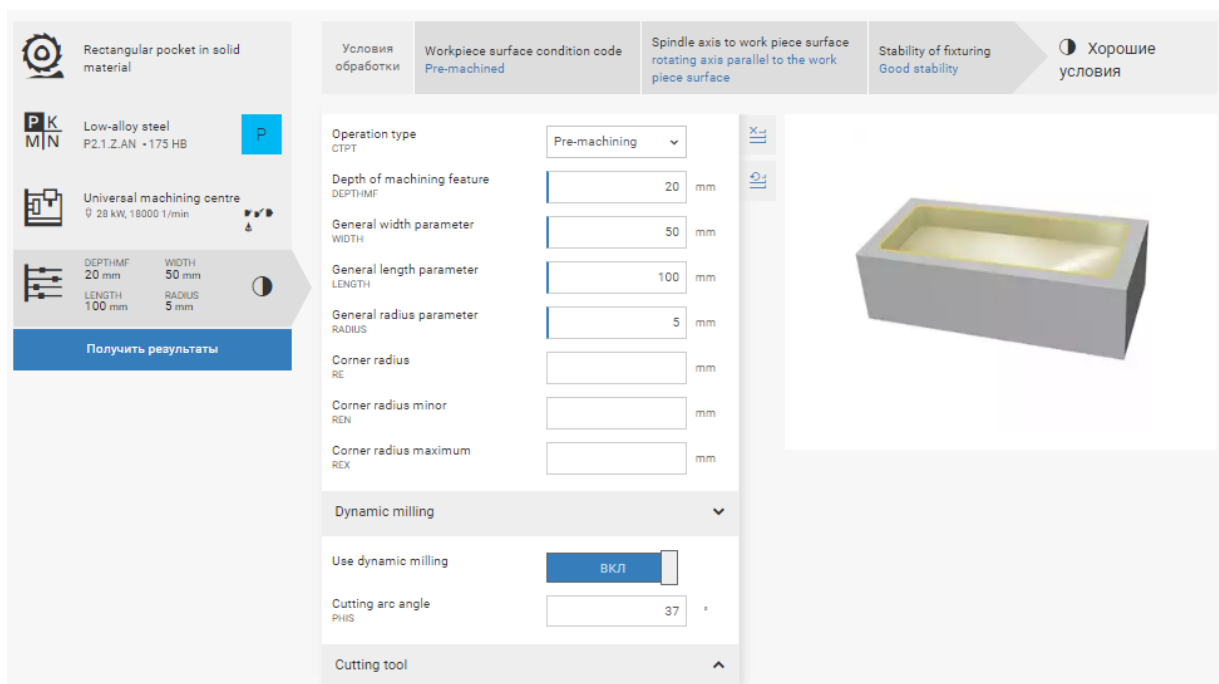


Рисунок 9 – Основное диалоговое окно для выбора фрезы

Для подбора фрезы и соответствующих режимов резания, которые подбираются автоматически, необходимо выбрать обрабатываемый материал: предлагается семь вариантов групп материалов, включая сталь, чугун, цветной металл и термопластик.

Режимы резания и инструмент обязательно зависят от технических характеристик привода главного движения станка – в системе предложено четыре варианта характеристик оборудования: от 22 кВт до 200 кВт.

После выбора всех исходных данных и активации команды **Получить результаты** выводятся результаты (рисунок 10).

На третьем практическом занятии изучаются компоновки фрезерных станков с ЧПУ HAAS. Для этого необходимо использовать или официальный сайт компании **Абамет** [2] или фирмы **HAAS** [3].

При изучении компоновок станков необходимо учесть все многообразие типов станков HAAS, включая токарные и фрезерные станки. При анализе компоновок

следует классифицировать все станки HAAS и, используя любую CAD-систему, упрощенно представить геометрическое представление станков.

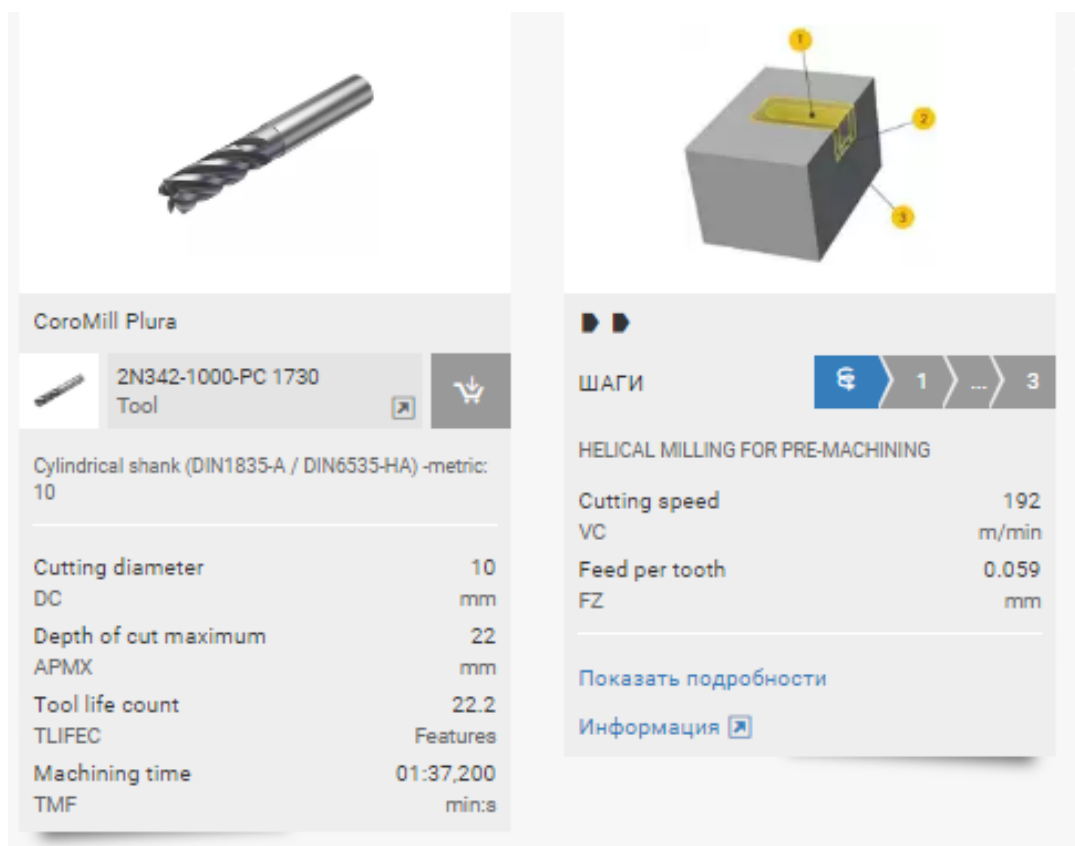


Рисунок 10 – Окно результатов

Четвертое практическое занятие посвящено подбору двигателей для приводов станков, реализующих высокоскоростную обработку. Для знакомства с каталогами электродвигателей фирмы Siemens можно использовать сайт [4]. На сайте фирмы Siemens не удалось получить доступ к информации по двигателям.

Немецкий концерн **Siemens** – один из мировых лидеров по производству электродвигателей. Каталоги электродвигателей на сайте производителя представлены двумя группами: асинхронными и гибридными двигателями. Наибольшую группу двигателей Siemens представляет группа асинхронных двигателей серий: 1LF7, 1LE1002, 1LG4, 1LG6, 1LE1001, 1LA5, 1PH8, 1LA9, 1LE1011 и 1LE1502. Для перехода к характеристикам двигателей следует использовать меню, представленное на рисунке 11.

Электродвигатели Siemens 1LA7

Электродвигатели Siemens 1LE1002

Электродвигатели Siemens 1LG4

Электродвигатели Siemens 1LG6

Электродвигатели Siemens 1LE1001

Электродвигатели Siemens 1LA5

Электродвигатели Siemens 1PH8

Электродвигатели Siemens 1LA9

Электродвигатели Siemens 1LE1011

Электродвигатели Siemens 1LE1502

Рисунок 11 – Меню асинхронных двигателей

Например, перейдя в меню к серии двигателей 1PH8, выводится диалоговое окно с гиперссылочными изображениями подсерий двигателей (рисунок 12).



Рисунок 12 – Диалоговое окно электродвигателей Siemens 1PH8

Однако, на официальном сайте **Siemens** в настоящее время информация о характеристиках, в том числе габаритных размеров, чертежей и полных механических характеристик минимальна. Поэтому наиболее полную информацию о двигателях следует искать на сайтах поставщиков двигателей [5, 6].

На пятом практическом занятии рассматривается разработка твердотельных моделей в системе Siemens NX.

В настоящее время в мировой практике автоматизированного проектирования достаточно много систем с большим функционалом. Однако особенностью системы Siemens NX является то, что она полнофункциональная и относится к классу тяжелых систем или систем высокого уровня, то есть является CAD/CAM/CAE-системой. Для разработки управляющих программ для станков с ЧПУ необходимо построение трехмерных моделей. Построение трехмерных моделей также актуально и для проведения последующего инженерного анализа в CAE-системах. 3D-модель, разработанную в модуле моделирования системы **Siemens NX**, можно использовать как для любой CAM-системы, например **Sprut**, которую также изучают и бакалавры и магистранты. Эту же модель могут использовать в системе инженерного анализа Ansys, с которой знакомятся на разных ступенях высшего образования.

Особенностью изучения модуля моделирования системы **Siemens NX** на уровне аспирантуры является построение геометрических моделей наибольшей сложности. Однако, на практическом занятии по изучению системы до обучающихся доводится информация в объеме, необходимом для дальнейшего самостоятельного изучения по имеющейся литературе [7, 8].

Несмотря на уровень подготовки обучающихся, в общем случае они изучают общие вопросы (интерфейс системы, способы создания трехмерных моделей), а затем переходят к методам построения более сложных поверхностей. Для инициализации модели используют диалоговое окно (рисунок 13).

После инициализации модели создание 3D-модели реализуется принципиально двумя способами или с использованием традиционных для многих систем двухмерных эскизов или с использованием конструктивных элементов (рисунки 14 и 15).

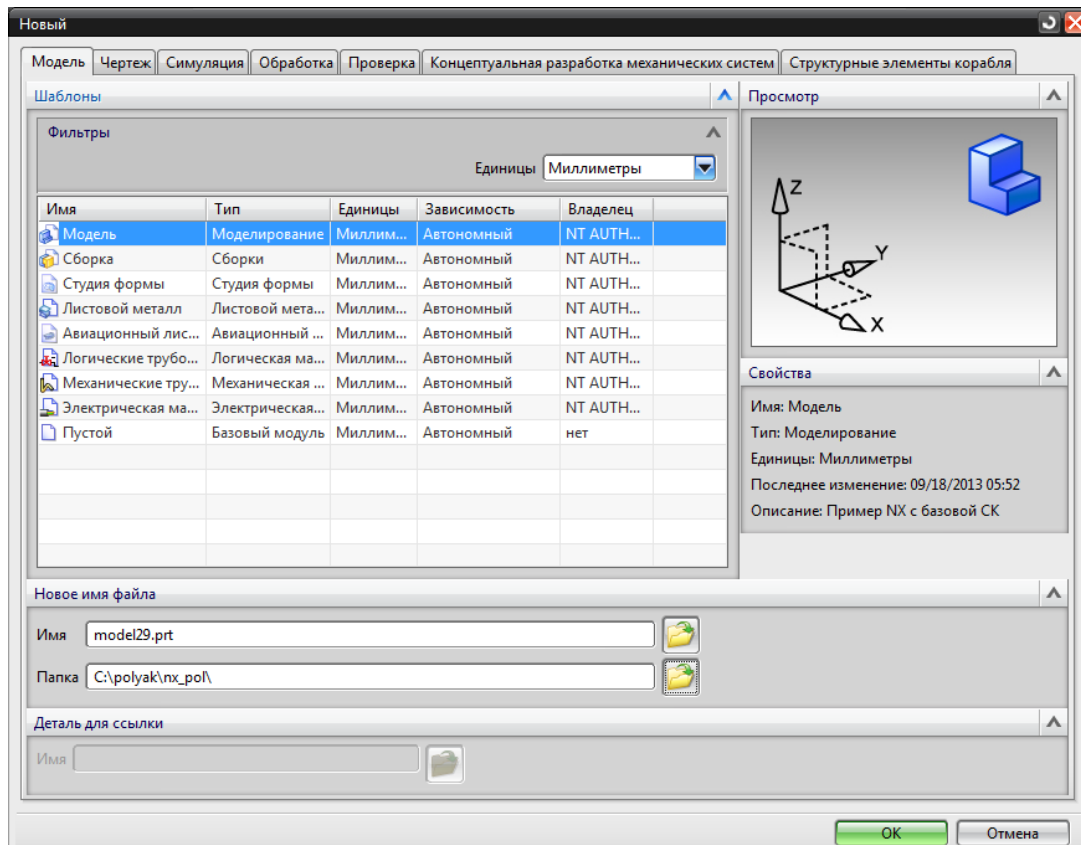


Рисунок 13 – Диалоговое окно инициализации модели в системе NX

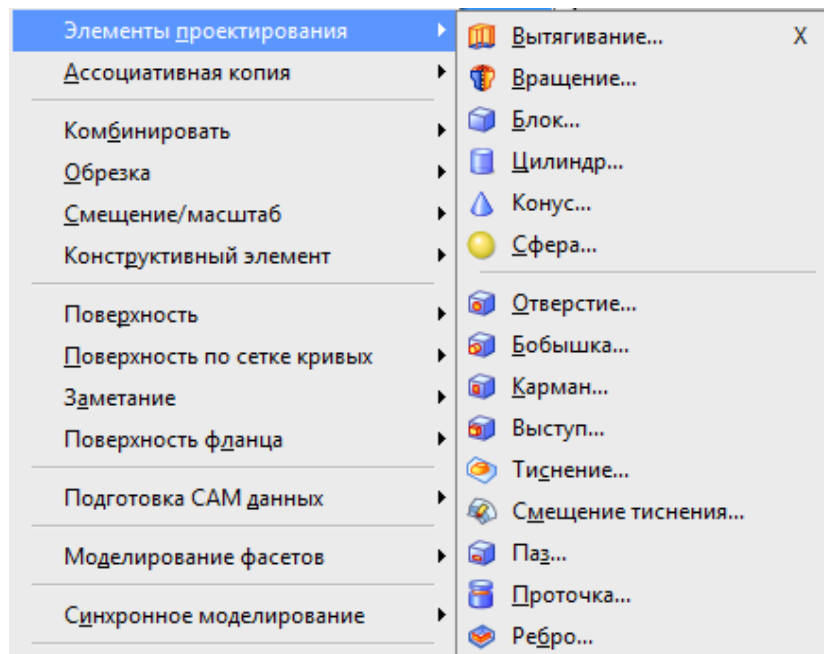
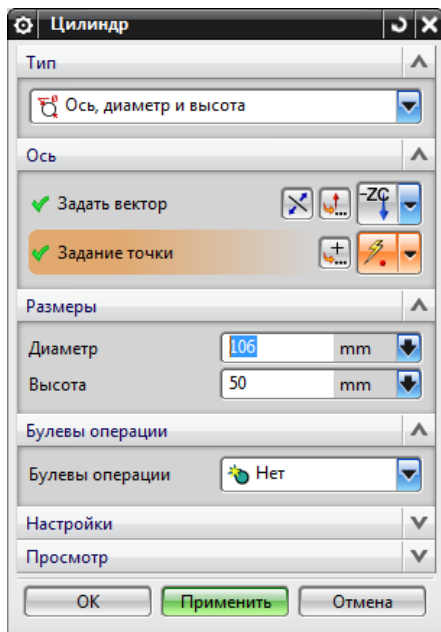
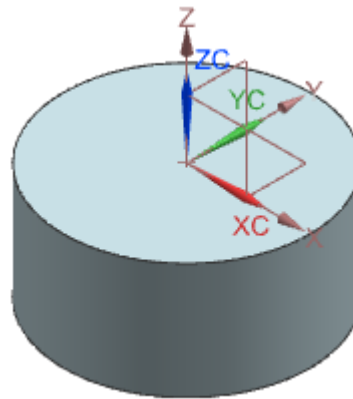


Рисунок 14 – Меню *Элементы проектирования*



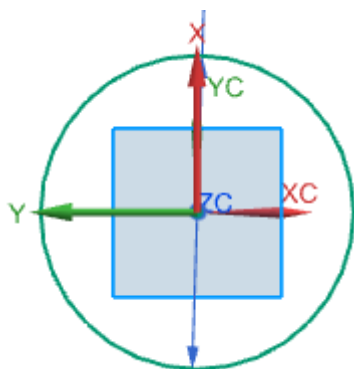
а)



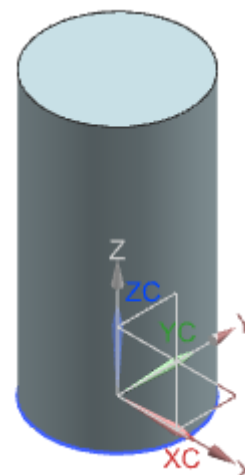
б)

Рисунок 15 – Диалоговое окно *Цилиндр* конструктивный элемент *Цилиндр*

Традиционный метод построения твердотельных моделей для САД-систем заключается в реализации двух этапов. Например, 3D-модель *Цилиндр* можно построить в два этапа: сначала построить эскиз кривой *Окружность*; на втором этапе, используя операцию *Вытягивание* для окружности, получим цилиндр заданной высоты по координате Z (рисунок 16).



а)



б)

Рисунок 16 – Эскиз *Окружность* (а – эскиз), модель *Цилиндр* (б – реализация операции *Вытягивание*)

В системе Siemens NX предусмотрен интересный инструмент *X-форма*, позволяющий преобразовать модель правильной формы в модель, ограниченную сложными пространственными поверхностями. В качестве примера ниже показана модификация цилиндра в 3D модель, имеющую сложную пространственную форму.

На рисунке 17 а показано диалоговое окно инструмента *X-форма*. Важнейшие блоки параметров – *Параметризация* и *Метод*. Задание в блоке параметров *Параметризация* – степень больше 1 – приводит к формированию сетки узлов (рисунок 17 б). Изменения координаты каждого из узлов сетки автоматически приводят к изменению связанной с сеткой внешней поверхности модели. На рисунке 17 б приведен результат модификации сеточной модели верхней торцевой поверхности. На рисунке 17 в – модификации подвергнута боковая поверхность цилиндра.

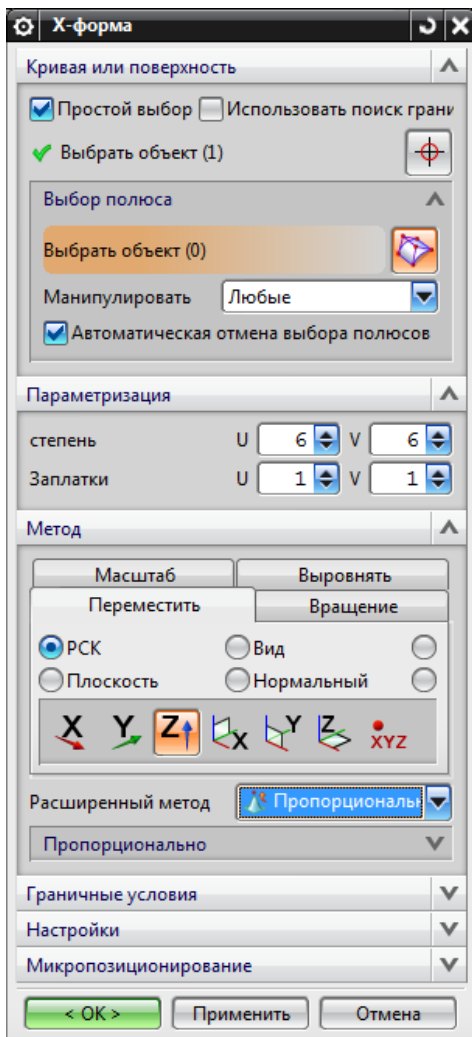
Этот способ особенно эффективен для оперативной подготовки модели, ориентированной для разработки управляющей программы для трех- или пятикоординатной обработки.

Практические занятия *Расчет моделей станков в CAE-системе Ansys* и *Расчет моделей станков в системе Siemens NX* выполняются в рамках шестого раздела рабочей программы – *Математическое моделирование в машиностроении*.

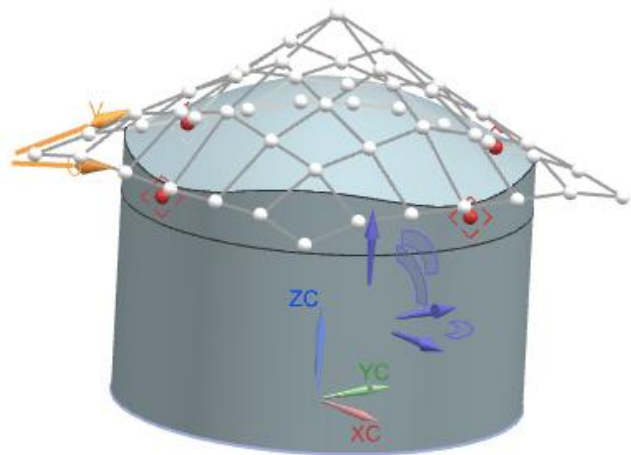
Общие указания к выполнению практических работ заключаются в следующем:

– вначале строится геометрическая модель исследуемого объекта, например, станка с ЧПУ; при построении модели учитывается, что модель включает только несущую систему станка; модель может быть построена в любой CAD-системе, но предпочтительно использовать Siemens NX модуль *Моделирование*; при построении модели не следует увлекаться детализацией геометрических элементов, но модель должна быть предельно узнаваемой – если нет паспорта станка на данную модель или иной технической документации, то можно использовать любую внешнюю информацию, позволяющую объективно представить по крайней мере конфигурацию несущей системы станка;

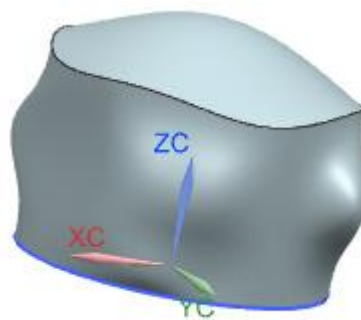
– при построении сеточной модели необходимо соблюдать компромиссные требования размерности и подробности модели – очень подробная модель приводит



а) диалоговое окно
X-форма



б) вспомогательная сетка узлов и
результатирующая модель



в) трансформация боковой поверхности цилиндра
с использованием X-форма

Рисунок 17 – Использование инструмента X-форма для модификации
базовой модели Цилиндр

к росту размерности решаемой задачи, что зачастую приводит или к существенным затратам вычислительных ресурсов, или просто к технической невозможности решения (на последующих этапах) сформулированной задачи, например, задачи динамики; сеточная модель обязательно учитывает идеальные и неидеальные стыки;

– структура, содержание и темп практических занятий должны учитывать уровень подготовленности аспиранта;

– при проведении инженерного анализа исследуемого объекта обратить внимание на реализацию процедур идентификации и оптимизации.

3 Указания для контроля знаний с использованием фонда оценочных средств

Фонд оценочных средств включает четыре блока.

Первый блок содержит оценочные средства для диагностирования сформированности уровня компетенций – «знать» (блок А). Этот блок содержит комплект типовых задач, объединенных в шесть разделов. В первом разделе предлагается подобрать режимы резания и провести аналитический расчет режимов резания. Во втором разделе следует подобрать инструмент по геометрическим параметрам и подобрать геометрические параметры инструмента для реализации технологического перехода. В третьем разделе следует подобрать компоновку станка для реализации технологической операции. В четвертом разделе необходимо выбрать рациональную формулу структуры привода. В пятом разделе следует выполнить рациональный выбор САД-системы для проектирования несущей системы станка с характерными особенностями. В шестом разделе нужно определить необходимый набор расчетов при оценке станка для высокоскоростной обработки.

Второй блок содержит оценочные средства для диагностирования сформированности уровня компетенций – «уметь» (блок В).

В рамках этого блока каждым аспирантом должен быть подготовлен и представлен на обсуждение реферат по выбранной теме программы курса.

Примерными темами рефератов могут быть следующие:

- применение новых инструментальных материалов для обработки труднообрабатываемых материалов;
- особенности высокоскоростной обработки;
- основные направления развития режущих инструментов для лезвийной обработки;
- особенности конструкции современных концевых фрез для высокоскоростной обработки;
- станки для высокоскоростной обработки;
- станки с ЧПУ – тенденции совершенствования и развития;
- современные конструкции шпиндельных узлов и линейных приводов, используемых в станках с ЧПУ;
- обзор современных САД-систем, применяемых при проектировании станков;
- обзор современных САЕ-систем, применяемых при проектировании станков.

Выполнение реферата ориентировано на выработку навыков критического анализа исследовательских достижений по современной инженерной теории и практике, формирования представлений о современных требованиях к стандартам, формату и содержанию аналитических статей по данной проблематике, презентации подготовленной информации, умения вести дискуссию и поддерживать конструктивный контакт с аудиторией.

При подготовке реферата предполагается использование не менее десяти источников по выбранной теме, опубликованных в периодической печати. Допускается использование статей, обзоров, материалов из сети Интернет, монографий.

Реферат должен отразить следующие положения:

а) теоретические положения и практические рекомендации:

- 1) анализ актуальности проблемы, выбранной для исследования, с учетом существующих исследовательских достижений и литературы по теме;
- 2) содержательность и новизна подходов к решению проблемы;
- 3) особенности исследуемых конструкций и технологий;

4) преимущества и недостатки предлагаемых методов, исследуемых конструкций и технологий;

5) перспективы применения предлагаемых теоретических подходов или распространения практического опыта в других отраслях и организациях;

б) аргументированная авторская позиция; критический анализ. постановка задачи исследования;

б) организационные положения:

1) письменное и электронное предоставление материалов по реферату преподавателю, курирующему выбранную аспирантами тему реферата, к дате, указанной в календарном плане данного курса;

2) защита реферата осуществляется в виде презентации в электронном виде.

Третий блок содержит оценочные средства для диагностирования сформированности уровня компетенций – «владеть» (Блок С). Этот блок реализуется в творческом задании. Примерное задание на творческое задание следующее:

а) расчет или подбор режимов резания для конкретных технологических переходов, с последующей реализацией на станке с ЧПУ;

б) проект специального инструмента;

в) проект модернизации станка;

г) разработка конструкции узла станка;

д) разработка 3D-модели несущей системы станка;

е) проведение инженерного анализа станка с использованием любой из САЕ-систем.

В основной текст готовой работы творческого задания должны быть включены следующие элементы, соответствующие последовательным этапам инженерного исследования:

1) цель исследования и ее актуальность, основные задачи исследования и период исследования;

2) описание предмета и объекта исследования;

3) описание используемой в инженерной практике системы показателей;

4) представление в виде рисунков и графиков результатов расчета;

5) интерпретация собранной по теме информации на основе нормативных теоретических знаний, полученных аспирантом в результате всего предшествующего обучения;

б) обобщающее заключение с выделением основных полученных выводов;

7) представление списка использованной литературы.

Объём основного текста работы должен составлять 20 – 30 страниц.

В *Блоке D* содержатся оценочные средства, используемые в рамках промежуточного контроля знаний, проводимого в форме дифференцированного зачета и экзамена. Вопросы приведены в рабочей программе.

4 Указания для подготовки к сдаче кандидатского минимума по специальности

Кандидатский экзамен по специальной дисциплине сдается по программе, состоящей из двух частей: типовой программы, включающей разделы, изучаемые в течение двух семестров, предусмотренных учебным планом образовательной программы, и дополнительной программы обучения аспиранта, содержащейся в индивидуальном плане аспиранта. Для каждого аспиранта дополнительная программа является индивидуальной, учитывающей направления проводимых им научных исследований. Дополнительная программа также учитывает последние достижения науки и техники в данной области исследований и новейшую литературу.

К сдаче кандидатского экзамена допускается аспирант, выполнивший всю программу обучения в аспирантуре, выполнивший все предусмотренные индивидуальным планом исследования и выполнивший необходимые требования по апробации результатов исследований и их представлению в открытой печати: не менее двух работ, опубликованных в рецензируемых научных изданиях, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук из списка ВАК при Министерстве образования и науки Российской Федерации.

При сдаче кандидатского минимума аспиранту разрешается пользоваться дополнительной литературой, так как главное внимание комиссия обращает на общую эрудицию отвечающего; владение им профессиональной области собственных исследований; полноты представления материалов диссертации.

Контрольные вопросы

1 Назовите основные изучаемые разделы специальной дисциплины.

2 На какие вопросы следует обращать особое внимание при изучении раздела дисциплины *Резание материалов*?

3 На какие вопросы следует обращать особое внимание при изучении раздела дисциплины *Режущий инструмент*?

4 На какие вопросы следует обращать особое внимание при изучении раздела дисциплины *Металлорежущие станки*?

5 На какие вопросы следует обращать особое внимание при изучении раздела дисциплины *Расчет и конструирование станков*?

6 На какие вопросы следует обращать особое внимание при изучении раздела дисциплины *Основы САПР станков*?

7 На какие вопросы следует обращать особое внимание при изучении раздела дисциплины *Математическое моделирование в машиностроении*?

8 Что понимается под технологиями быстрого прототипирования?

9 Расскажите о функциональных возможностях системы Siemens NX.

10 Расскажите о функциональных возможностях системы Matlab.

11 Pramet, Iscar, Sandvik Coromant, Mitsubishi, Corloy – что общего между ними?

12 Как правильно подготовиться к успешной сдаче кандидатского минимума?

13 Расскажите о перспективных материалах режущих инструментов.

14 Расскажите об общих тенденциях в конструкциях режущих инструментов.

15 Расскажите о перспективах современного станкостроения.

Список использованных источников

- 1 Стартовая страница Sandvik Coromant – Режим доступа: <http://www.sandvik.coromant.com/ru-ru/pages/default.aspx?country=ru> (14.01.2017 г.).
- 2 Официальный сайт компании Абамет – Режим доступа: <https://www.abamet.ru/> (14.01.2017 г.).
- 3 Официальный сайт станкофирмы HAAS – Режим доступа: <http://www.haascnc.com/home.asp#gsc.tab=0> (17.01.2017 г.).
- 4 Электродвигатели Siemens – Режим доступа: <http://siemens-motor.ru/> (17.01.2017 г.).
- 5 Каталог M11 2004/2005 a1 – Режим доступа: <https://dmliefer.ru/sites/default/files/lv-siemens.pdf>.
- 6 Электродвигатели Siemens – Режим доступа: http://km-siemens.ru/c_1LG4nbsp2234AA.html.
- 7 Основы моделирования в САПР NX [Электронный ресурс] / Бутко А. О., Прудников В. А., Цырков Г. А. – НИЦ ИНФРА-М, 2015. – Режим доступа: <http://znanium.com/bookread2.php?book=503629>.
- 8 Каменев, С. В. Основы моделирования машиностроительных изделий в автоматизированной системе "Siemens NX 10" [Электронный ресурс] : учебное пособие для студентов, обучающихся по программам высшего образования по направлению подготовки 15.04.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств / С. В. Каменев; М-во образования и науки Рос. Федерации, Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. проф. образования "Оренбург. гос. ун-т". – Электрон. текстовые дан. (1 файл: 43917 Kb). – Оренбург : Университет, 2015. – Adobe Acrobat Reader 5.0 – ISBN 978-5-7410-1351-9.