

Компьютерно-интегрированное проектирование в среде NX 7.5 при изготовлении литьевой оснастки в рамках учебного процесса на кафедре технологии машиностроения

О.Н. Калачев, А.В. Карулин, В.А. Трошин (Ярославский государственный технический университет)

В настоящее время невозможно представить учебный процесс на кафедре технологии машиностроения, проходящий без освоения студентами современных CAD/CAM-систем. Изучение компьютерно-интегрированного проектирования в Ярославском государственном техническом университете (ЯГТУ) началось в 1997 году с CAD/CAM-системы *Cimatron*. Уже тогда в линейке продуктов *it* компании *Cimatron* предлагалась и PDM-система *SmarTeam*.

Ныне машиностроительные заводы Ярославской области вынуждают технический университет знакомить студентов с лидерами рынка: *Pro/ENGINEER* (после ребрендинга – *Creo*) и *NX 7.5*. При этом обязательным элементом учебного процесса становится изучение PDM-системы. Связка средств CAD/CAM повсеместно стала основным инструментом технологической подготовки производства, без которого невозможно выпускать качественную и востребованную продукцию, а системы PDM (PLM) еще только внедряются на передовых предприятиях. Необходимость отслеживания инновационных технологий

компьютерно-интегрированного проектирования, их методической проработки применительно к реинжинирингу производства, привела к созданию в ЯГТУ “Центра CAD/CAM/PLM-технологий” (tms.ystu.ru).

Комплексное освоение современной CAD/CAM-системы предполагает умение создавать сложные 3D-модели деталей и сборок, а также вести проектирование деталей литьевой оснастки и управляющих программ для изготовления деталей на оборудовании с ЧПУ. Исследование возможностей CAD/CAM-системы *NX 7.5*, полученной от компании *Siemens PLM Software* для использования в учебном процессе, мы реализовали на задаче проектирования оснастки для производства пластмассовой модели знаменитого советского истребителя МиГ-15. Его конструкция предполагала создание сложного ступенчатого разема матрицы и пуансона литьевой оснастки.

Найденные в интернете эскизы позволяли воссоздать основные размеры конфигурации истребителя (рис. 1). Тема выпускной квалификационной работы студентов 5-го курса прошла утверждение

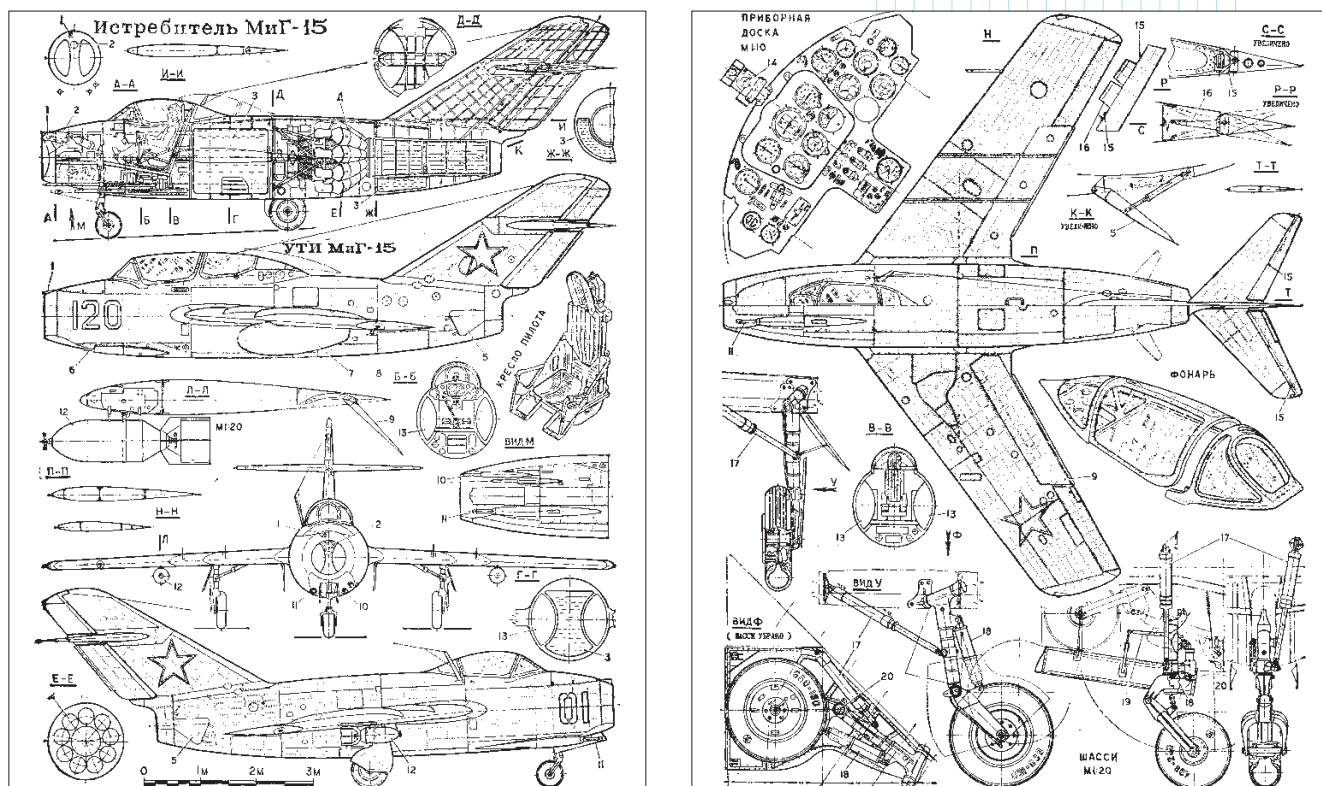


Рис. 1. Исходные данные для будущей 3D-модели МиГ-15

на кафедре, и освоение нового программного продукта началось.

1. Создание 3D-модели

На первом этапе мы создали базовый компонент – фюзеляж – путем вращения эскиза вокруг оси на 360 градусов (рис. 2). Затем в плоскости XOY построили эскизы крыльев (рис. 3) и выдавили их в обе стороны на одинаковое расстояние. Далее, в плоскости XOZ такой же операцией твердотельного моделирования сформировали хвост истребителя (рис. 4). Потом создали вспомогательную плоскость на заданном расстоянии от плоскости XOY, и с её помощью завершили моделирование хвостового оперения (рис. 5). На заключительном этапе построения 3D-модели были сделаны операции скругления компонентов для создания обтекаемой формы.

Следующим шагом было создание кабины пилота (рис. 6).

Завершалось построение 3D-модели добавлением звезд на крылья и хвост. Создание нового компонента для выделения звезды (рис. 5) возможно двумя способами: первый – выдавливание

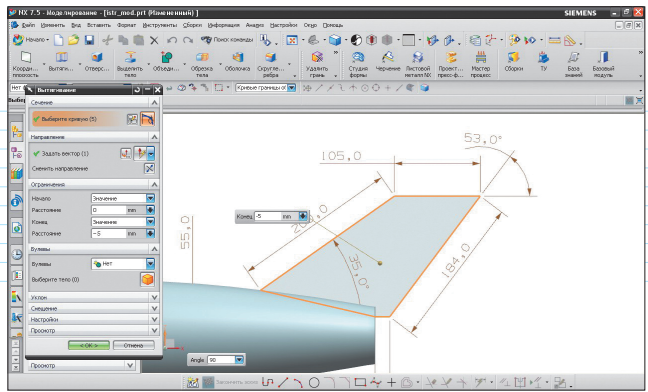


Рис. 4. Получение хвоста вытягиванием

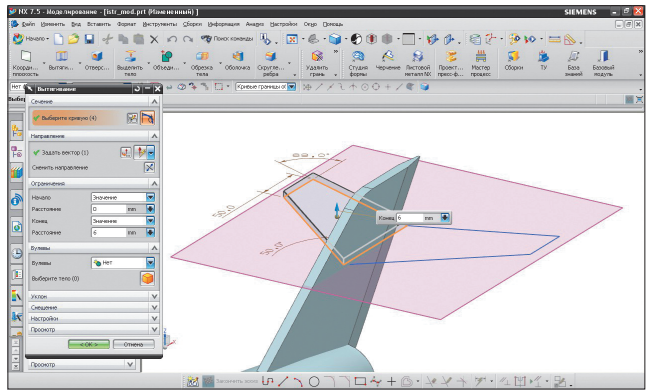


Рис. 5. Создание хвостового оперения

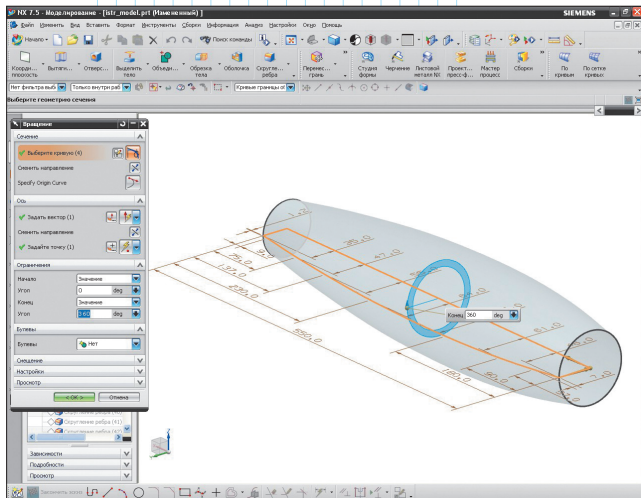


Рис. 2. Получение фюзеляжа вращением

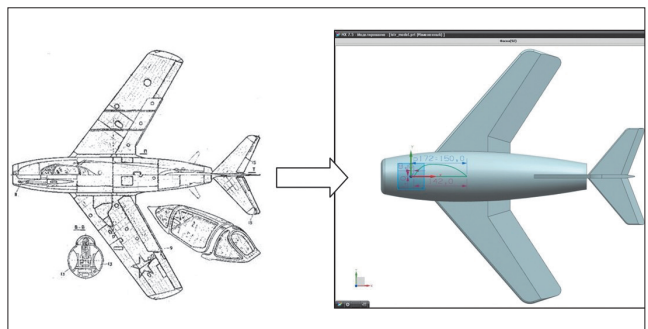


Рис. 6. Создание кабины пилота

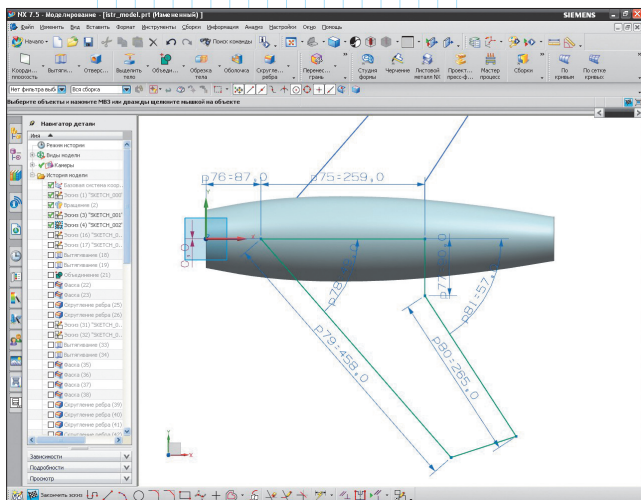


Рис. 3. Эскиз крыла

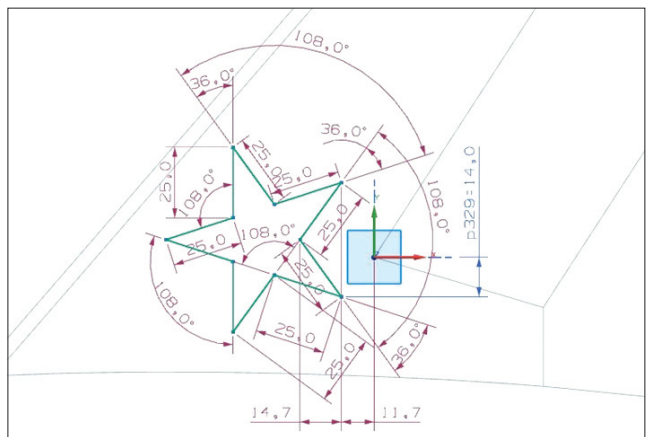


Рис. 7. Эскиз звезды на крыле самолета

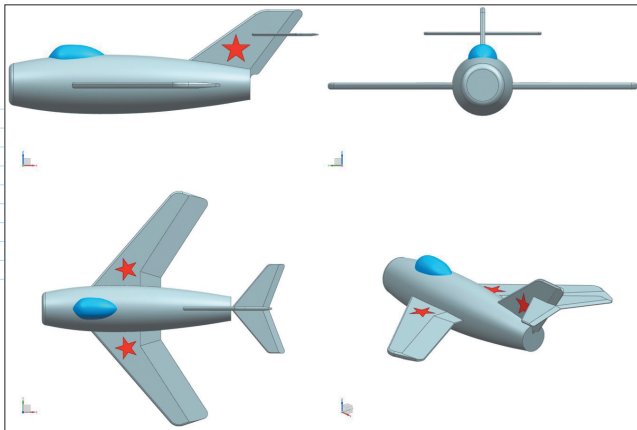


Рис. 8. 3D-модель истребителя МиГ-15

контур звезды на незначительное расстояние, второй – разделение грани эскизом. В обоих случаях получается отдельный компонент, который допускает тонирование красным цветом (рис. 7). Следует отметить, что, по сравнению с AutoCAD, реализовать тонирование 3D-модели средствами NX 7.5 гораздо проще, так как здесь отсутствует привязка к слоям.

2. Создание разъёма сложной формы и проектирование оснастки

Для дальнейшей работы необходимо подключить *NX Mold Wizard* – модуль, ориентированный на процесс конструирования пресс-форм для литья пластмасс под давлением, а также литьевых форм других типов. *Mold Wizard* содержит инструменты, с помощью которых можно быстро и просто проектировать трехмерные твердотельные матрицы, пуансоны, наружные и внутренние ползуны и вставки, сохраняя полную ассоциативность с исходной 3D-моделью изделия.

В нашем случае, из-за конструктивных особенностей оперения истребителя, сложность состояла в необходимости использования ступенчатого разреза.

На панели проектирования пресс-форм (рис. 9) запускаем инициализацию проекта, где указываем материал и усадку. Затем выбираем систему координат пресс-формы – удобнее взять *Центр изделия*. Далее задаем конфигурацию заготовки, которую впоследствии разделим на матрицу и пуансон (рис. 10).

Для того чтобы указать области матрицы и пуансона, надо разделить грани. Для этого строим линию разреза, и в *Навигаторе разделения* устанавливаем цвета каждой области литьевой оснастки. Закраска областей производится автоматически, но после этого необходимо

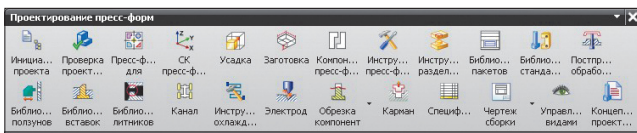


Рис. 9. Панель “Проектирование пресс-форм”

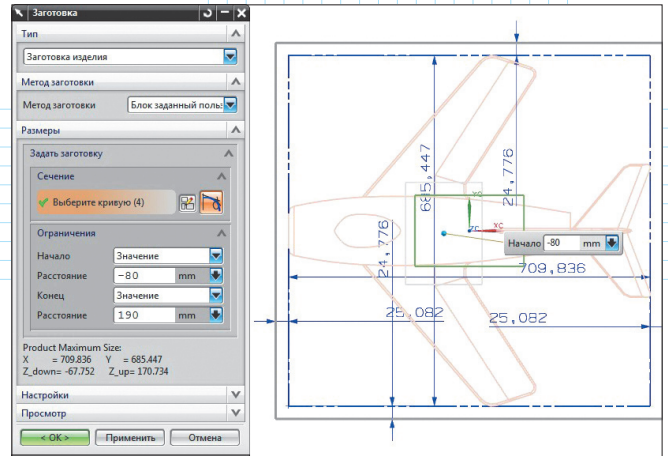


Рис. 10. Ввод размеров заготовки

провести корректирующие действия, так как могут появиться *неопределенные области*. Их следует отнести к матрице или пуансону, иначе смоделированная литьевая оснастка будет неверной.

На основе созданной линии разреза необходимо создать поверхность разреза. В данном случае придется создать несколько плоскостей, так как разрез – ступенчатый. Разобьем линию разреза на несколько сегментов

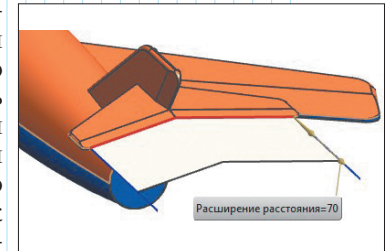


Рис. 11. Результат разделения

и, вытягивая каждую линию (рис. 11), получим плоскость. Объединив полученные плоскости, получим поверхность разреза (рис. 12).

Далее, открываем меню *Инструменты разделения пресс-формы* и в нём выбираем из списка поверхность – *Область матрицы* – и указываем *Вид результата разреза* (рис. 13). Аналогичным образом задается область пуансона (рис. 14). Полученная заготовка представлена на рис. 15 в

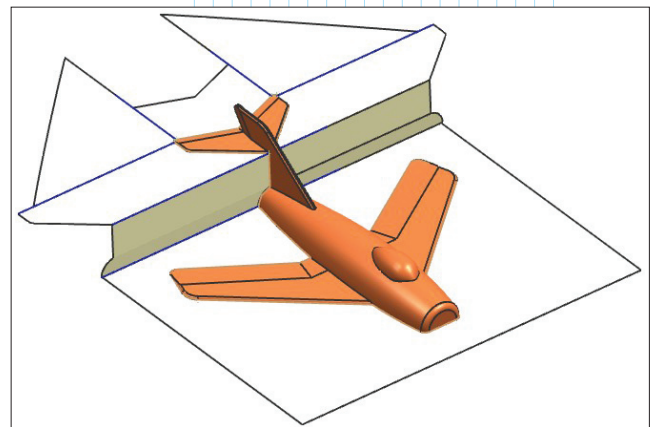


Рис. 12. Поверхность разреза

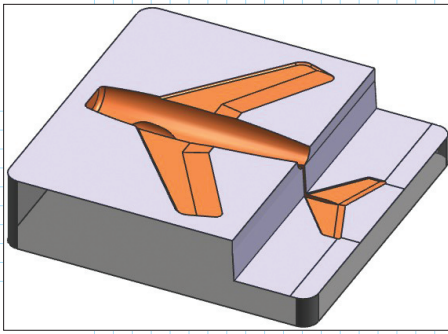


Рис. 13. Матрица

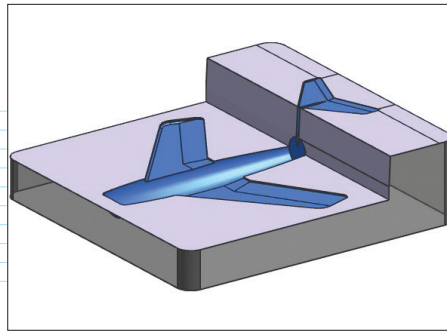


Рис. 14. Пуансон

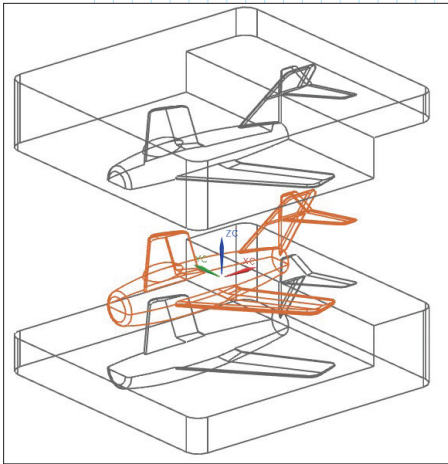


Рис. 15. Заготовка (каркас)

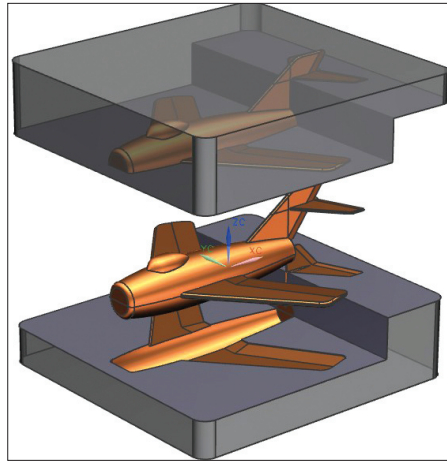


Рис. 16. Заготовка

получившееся углубление. С помощью опции *Выравнивание касанием* сопрягаем нижнюю плоскость пуансона и основную плоскость углубления. Повторяем эти же операции для матрицы.

Добавляем выталкиватели, которые нужны для того, чтобы извлечь изделие из пресс-формы после того, как оно застыло. В *Библиотеке стандартных деталей* выбираем выталкиватель, указываем его тип и размер. После размещения требуемого количества выталкивателей на плоскости толкающей плиты, их необходимо обрезать по поверхности пуансона. Для этого в опции *Постпроцессорной обработки толкателей* выбираем обрезаемые толкатели и тип процесса (рис. 17).

Далее оформляем систему охлаждения в матрице и в пуансоне: создаем эскиз системы охлаждения в выбранной плоскости. В опции *Шаблон канала* указываем созданный эскиз и диаметр канала. Макет системы охлаждения представлен на рис. 18.

Из *Библиотеки стандартных деталей охлаждения* берем стандартные элементы литейной формы: штуцеры, винты, болты, заглушки и т.д. Для примера, вставим штуцер. Сначала сопрягаем штуцер с боковой плоскостью плиты, а затем совмещаем его с трубкой системы охлаждения. Аналогичными приемами разместим остальные элементы.

Таким образом, был получен пакет пресс-формы литейной оснастки, который представлен в сборе на рис. 19 и в каркасном виде – на рис. 20. С помощью приложения *Сборка* можно развести все элементы сборки, как показано на рис. 21. Расстояние между элементами можно задать, и система сама разведет элементы, что является безусловным преимуществом. Но в данном примере все элементы были разведены вручную, так как необходимо было получить разное расстояние между элементами. Методы

каркасным, а на рис. 16 – в тонированном представлении.

3. Создание формопакета

Модуль *Mold Wizard* содержит библиотеку стандартных компонентов, которые упрощают создание литейной оснастки. Все они серийно выпускаются различными компаниями. В их числе можно выделить фирму *HASCO*, предлагающую широкий спектр продукции для литья и штамповки. Он включает в себя формопакеты, отдельные плиты, толкатели, литниковые системы, элементы системы охлаждения, поворотные литейные оттиски и прочие стандартные крепежные изделия.

Модуль *Mold Wizard* позволяет быстро добавлять и изменять компоненты из каталога *HASCO*, а по окончании обработки выводит *Bill Of Materials (BOM)* – аналог спецификации, руководствуясь которым можно подготовить заказ на официальном сайте компании.

Итак, в *Библиотеке пакетов пресс-форм* выбираем *HASKO-E*, и задаем габариты рабочих плит. После загрузки стандартный готовый пакет появится на экране.

Делаем углубления в рабочих плитах под матрицу и пуансон. Следует учесть, что углы должны быть закруглены. Вставляем пуансон в

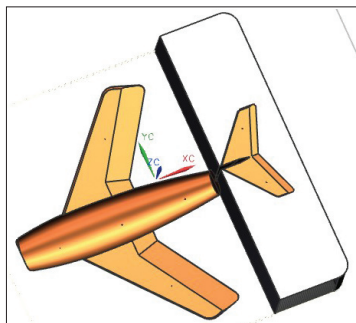


Рис. 17. Результат обрезки

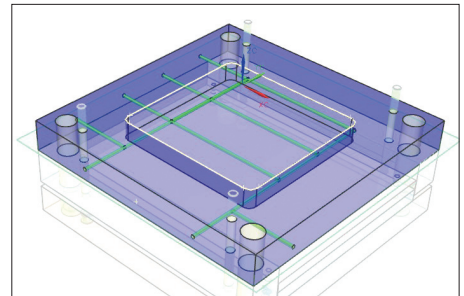


Рис. 18. Система охлаждения пуансона

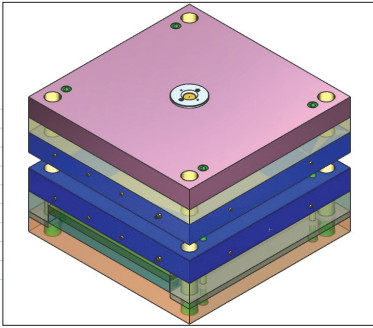


Рис. 19. Пакет пресс-формы

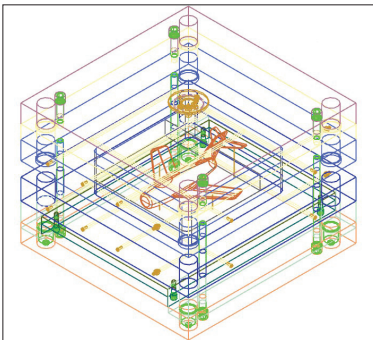


Рис. 20. Пакет пресс-формы в каркасном представлении

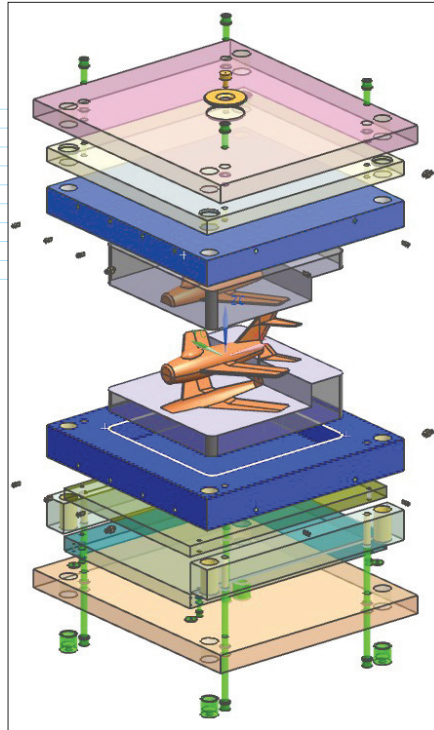


Рис. 21. Разнесенный вид

4. Обработка элементов литейной оснастки на станке с ЧПУ

Технологическая подготовка производства продолжается проектированием технологии изготовления матрицы и пуансона.

В NX 7.5 имеется несколько различных стратегий обработки контура на оборудовании с ЧПУ: *Вдоль детали, Вдоль периферии, Профиль, Трохоидальная, Зиг, Зигзаг, Зиг по контуру*. Каждая стратегия обработки дает разную чистоту поверхности детали. Для достижения большей чистоты поверхности стратегии можно варьировать и сочетать.

На примере матрицы покажем, как происходит проектирование траекторий режущего инструмента. Выбираем шаровую фрезу *BALL_MILL*, затем вводим информацию для операции – *CONTOUR_AREA* (фрезерование по контуру). Далее задаем *область резания* (рис. 23) и генерируем траекторию инструмента (рис. 24). Процесс симуляции обработки представлен на рис. 25.

разнесения деталей можно комбинировать: сначала задать разведение, а затем редактировать расстояние вручную. Разведение никаким образом не отразится на сборке, так как при этом создается новый вид (слой), который получает новое имя. В любой момент пользователь сможет переключиться между видами и вернуться в неразведенное состояние.

Аналог спецификации (*BOM*) формируется автоматически. Здесь представлены все элементы, которые присутствуют в пресс-форме (рис. 22).

NO.	QTY	DESCRIPTION	CATALOG/SIZE	MATERIAL	SUPPLIER	STOCK SIZE
1	1	EJECTOR PIN	EAI-160	NITRIDED	DME	[...]
2	7	SHCS	M8 x 16	STD	DME	
4	1	LOCATING RING	DME R 121 / 120x12	SL 37-2	DME	
5	1	-				
6	1	DOWEL PIN	4x10	STD	DME	
7	1	SPRUE BUSHING	AGN 26-2.5-R15.5	STD	DME	
8	11	1/8 X 100 BAFFLE	BB-100-1/8	BRASS	DME	
9	4	1/8 CONNECTO...	H81-09-125	BRASS	DMS	
10	3	GO BUSHING	Z10/46/42	STD	HASCO	
11	1	GO BUSHING	Z10/46/40	STD	HASCO	
12	4	SLEEVE	Z20/54x60	STD	HASCO	
13	4	LOCKING EDGE ...	Z691/ 12 x 2.5	STD	HASCO	
14	4	SHCS	Z31/12x35	STD	HASCO	
15	8	LOCKING EDGE ...	Z691/ 20 x 4.5	STD	HASCO	
16	4	SHCS	Z31/20x240	STD	HASCO	
17	2	PLATE	K20/696696/56/1730	1730	HASCO	
18	1	PLATE	K60/696696/27/1730	1730	HASCO	
19	1	RAISER	K40/696696/96/1730	1730	HASCO	
20	1	PLATE	K70/696696/36/1730	1730	HASCO	
21	2	PLATE	K11/696696/76/1730	1730	HASCO	
22	1	PLATE	K30/696696/56/1730	1730	HASCO	
23	3	GUIDE PIN	Z00 / 46 / 42 x 95	STD	HASCO	
24	1	GUIDE PIN	Z00 / 46 / 40 x 95	STD	HASCO	
25	4	SHCS	Z31/20x75	STD	HASCO	
26	1	MOLDBASE	696 x 696	HASCO		

Рис. 22. Спецификация

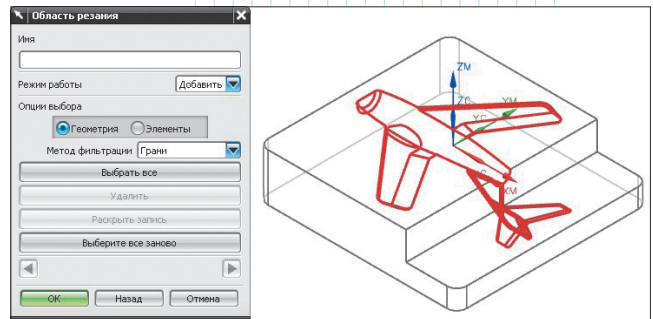


Рис. 23. Выделение области фрезерования

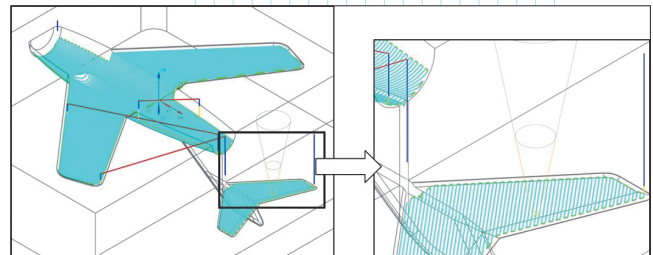


Рис. 24. Траектория фрезы

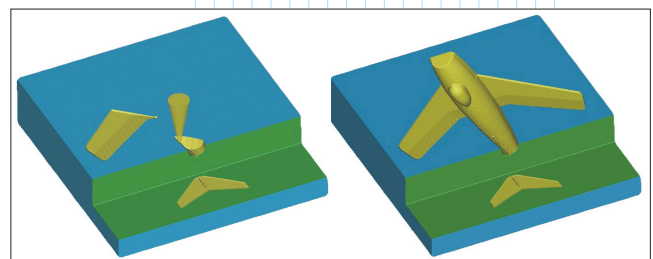


Рис. 25. Симуляция обработки

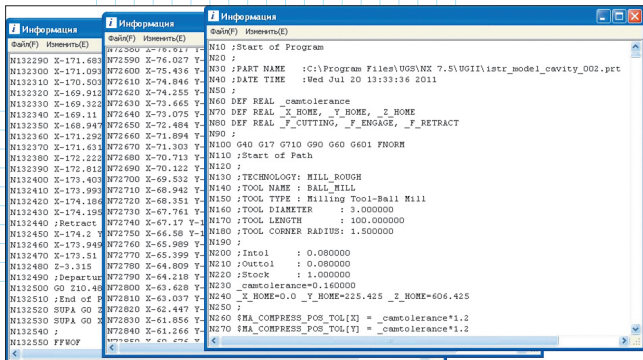


Рис. 26. Текст УП для черновой обработки

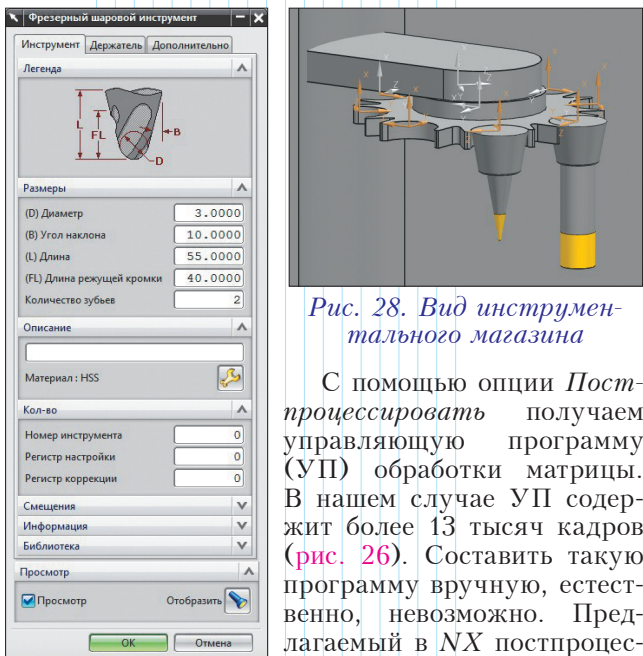


Рис. 28. Вид инструментального магазина

Рис. 27. Ввод параметров инструмента

С помощью опции *Пост-процессировать* получаем управляющую программу (УП) обработки матрицы. В нашем случае УП содержит более 13 тысяч кадров (рис. 26). Составить такую программу вручную, естественно, невозможно. Предлагаемый в NX постпроцессор – достаточно мощный и точный, что исключает ошибки при формировании УП.

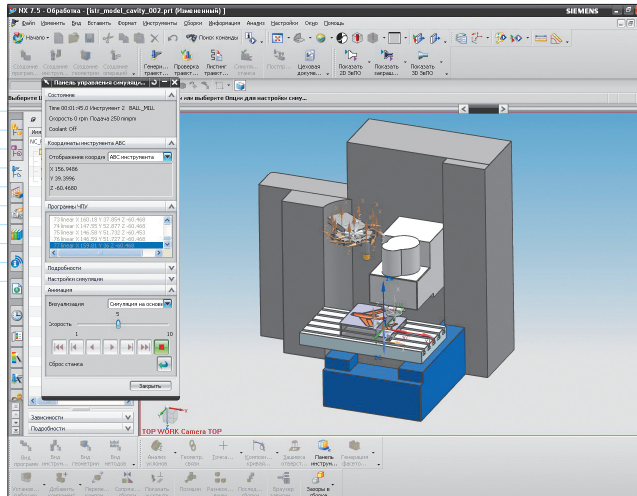


Рис. 29. Общий вид симуляции обработки с использованием модели станка

станка – создания 3D-моделей станка и приспособления.

Система NX позволяет представить станок и рабочую зону для предварительной оценки условий изготовления.

Выберем из каталога трехмерную модель станка – в нашем случае это трехкоординатный вертикально-фрезерный станок с системой ЧПУ SINUMERIK. Далее установим 3D-модель детали на столе станка и выберем держатель для инструмента. После указания параметров инструментов (рис. 27), участвующих в обработке заготовки, они появятся в магазине (рис. 28).

Теперь можно запускать процесс визуализации обработки матрицы (рис. 29).

Во время работы в окне *Панели управления симуляцией* будет отображаться текст управляющей программы. Строки УП подсвечиваются синим цветом в соответствии с выполняемыми действиями. Имитируя на компьютере работу станка с ЧПУ, можно обнаружить ошибки и скрытые проблемы задолго до начала обработки в производственных условиях.

Заключение

Мы описали основные этапы компьютерно-интегрированной конструкторско-технологической подготовки производства, отражающие набор компетенций, который необходимо усвоить на заключительном этапе обучения технолога-машиностроителя в вузе. В ходе освоения CAD/CAM-системы NX 7.5 были тщательно проанализированы возможности её модулей для формирования литейной оснастки – начиная от создания 3D-модели макета истребителя вплоть до обработки матрицы пресс-формы на станке с ЧПУ. Нам пришлось согласиться с мнением экспертов об удобном и интуитивно понятном интерфейсе NX, что немаловажно в процессе обучения студентов. В результате принято решение пополнить имеющийся набор MCAD-решений недавно созданного «Центра CAD/CAM/PLM-технологий» новым продуктом от Siemens PLM Software.

Полученная траектория реализует этап черновой обработки детали пресс-формы, который не даст высокого качества поверхности пластмассовой отливки. На рис. 25 можно заметить шероховатости и волнистость. Ребристая поверхность является следствием слишком большого бокового шага фрезы. Шероховатость можно убрать путем уменьшения шага, но это приведет к значительному увеличению времени обработки. Поэтому поверхность матрицы необходимо подвергнуть дополнительной обработке – чистовому фрезерованию с использованием подходящей стратегии.

5. Использование модели станка при симуляции обработки

Перед тем как выполнять обработку на практике, необходимо решить задачу контроля столкновений заготовки и инструмента на столе станка. Такой предварительный контроль УП осуществляется путем моделирования рабочей зоны