ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 7

Создание электронной модели импеллера в среде NX

Внимательно изучить методическое пособие, выработать стратегию создания электронной модели. Продумать оптимальное использование инструментальных средств для выполнения лабораторной работы с целью экономии времени. Приступить к выполнению задания

Ознакомиться с созданием кривых и поверхностей свободной формы в модуле Моделирование.

Выполнить на компьютере примеры, разобранные в методическом пособии и приложении к лабораторной работе.

Записать созданную часть на диск.

Сдать преподавателю отчет по работе в виде выполненного моделирования на экране компьютера, ответить на вопросы.

Построение модели импеллера

Общий вид импеллера представлен на рисунке 1.

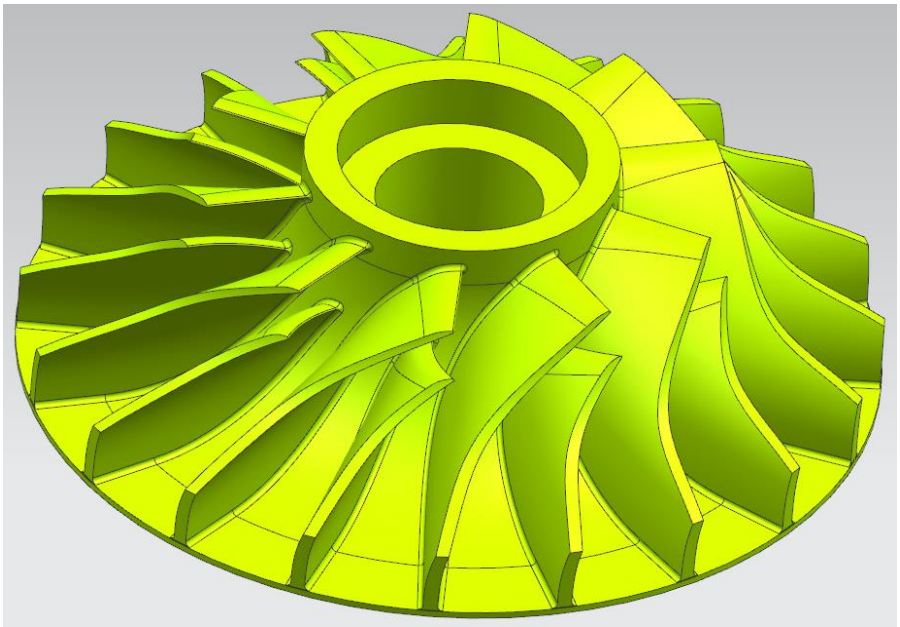
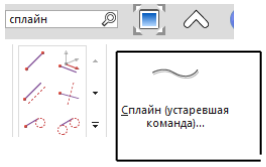
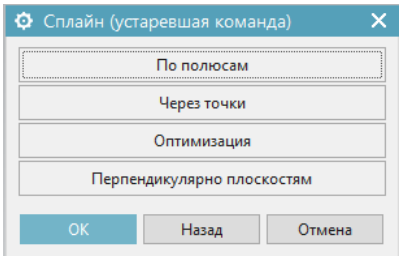


Рис. 1 Готовая модель импеллера

Построение модели импеллера будем вести с использованием эскиза, кривых и поверхности свободной формы. Построение начинается с построения сердечника импеллера, определяющим элементом профиля является кривая построенная при помощи команды «Сплайн», для этого в

поиске команды набираем слово сплайн и располагаем в ленточной панели в закладке «кривые». 

Далее выбираем эту команду, построение кривой будем вести «через точки» рисунок 2. в меню активируем клавишу построения кривой по точкам из файла рисунок 3.



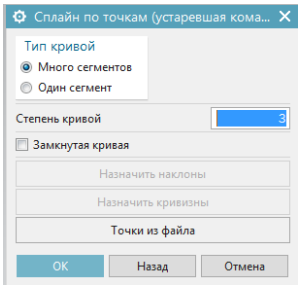


Рис. 2 Меню сплайна

Рис. 3 Меню построения сплайна по точкам

Из папки указанной преподавателем выбираем файл «core_ points.dat», который содержит набор точек рисунок 4.

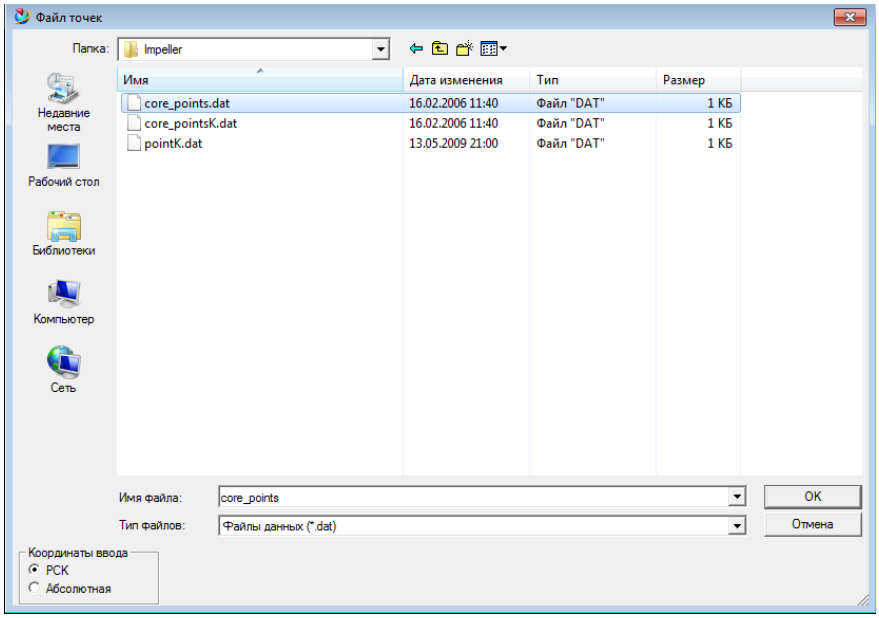


Рис. 4 Выбор файла с набором точек

Если такого файла нет, то придется потрудиться и создать файл вручную в блокноте. Файл с точками и его структура приведён на рисунке 5.

30.000000000	38.000000000	0.0	0	-1	0
30.238936024	33.745349908	0.0			
30.952739337	29.544204510	0.0			
32.132433448	25.449395646	0.0			
33.763183020	21.512417914	0.0			
35.824480429	17.782781092	0.0			
38.290403666	14.307387529	0.0			
41.129942315	11.129942315	0.0			
44.307387529	8.290403666	0.0			
47.782781092	5.824480429	0.0			
51.512417914	3.763183020	0.0			
55.449395646	2.132433448	0.0			
59.544204510	0.952739337	0.0			
63.745349908	0.238936024	0.0			
68.000000000	0.000000000	0.0	1	0	0

Рис. 5 Координаты пятнадцати точек и условия наклона касательных к кривой в крайних точках

Правило составления файла: информация о каждой точке занимает одну строку; первые три цифры координаты X, Y, Z; следующие три цифры – компоненты i, j, k вектора наклона касательной к кривой в этой точке. Если в строчке будет ещё одна цифра то система распознает её как значение кривизны в этой точке. Наклон касательной и значение кривизны не являются обязательной информацией.

Мы знаем, что система по умолчанию строит кривые в плоскости X, Y. И если мы хотим чтобы вращение импеллера происходило вокруг оси Z, то сначала необходимо повернуть рабочую систему координат (рисунок 6).

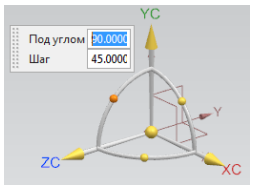


Рис. 6 Поворот рабочей системы координат

В графическом окне появились метки точек и условия наклона касательной (рисунок 7).

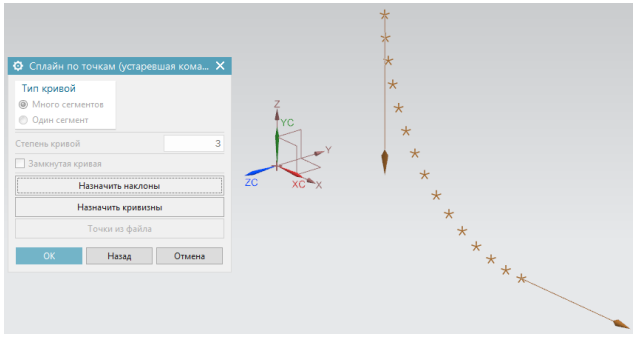


Рис. 7 Метки точек в графическом окне

Принимаем построение нажатием «Ок, Отмена». Кривая построена (рисунок 8).

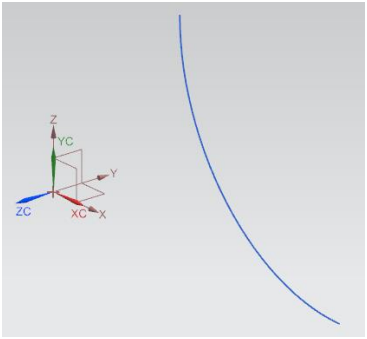
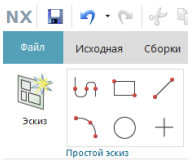


Рис. 8 Кривая по точкам из файла

Далее создадим эскиз и включим в него эту кривую (на самом деле можно и не включать, если всё построено правильно система контур сердечника возьмет и так).

В ленточной панели выбираем эскиз. 

В графическом окне видим (рисунок 9).

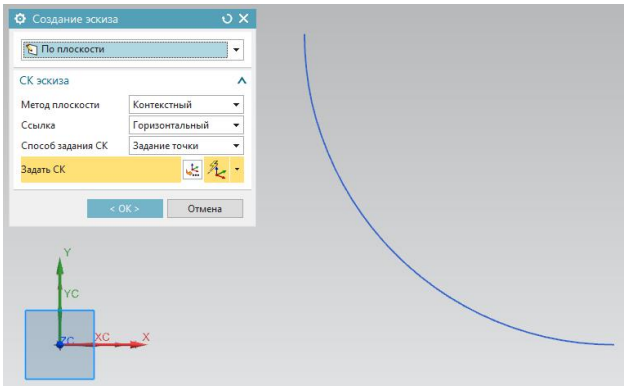


Рис. 9 Создание плоскости эскиза

Видим что наша кривая находится в плоскости эскиза, принимаем создание эскиза (Ок). В ленточной панели активизировались инструментальные средства построения эскиза (рисунок 10).



Рис. 10 Средства построения эскиза

С помощью видовой функции «Сдвиг»  передвигаем вид в удобное место графического окна. Приступаем к эскизным построениям, первым делом добавляем в эскиз созданную кривую (рисунок 11).

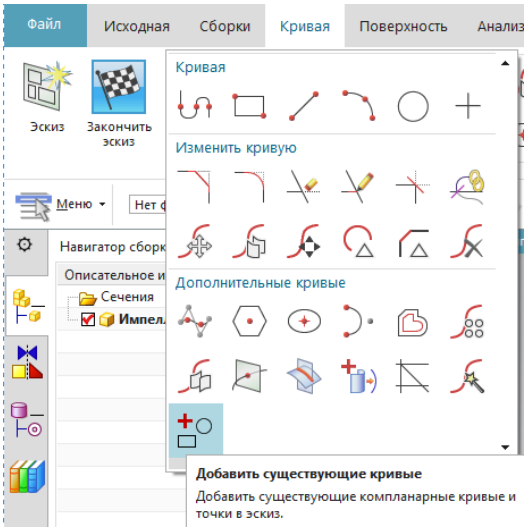


Рис. 11 Функция добавления кривых в эскиз

Выбираем режим ввода прямой, привязываемся к верхней конечной точке кривой. Ведем линию параллельно оси Y вверх, следим за тем чтобы соблюдалось условия касательности об этом символизирует специальный значок около кривой. Такой же значок должен появиться на противоположном конце кривой при построении линии вдоль оси X. Рисуем предварительный профиль сердечника импеллера (рисунок 12) и при помощи размерных и геометрических ограничений добиваемся точного профиля согласно рисунок 13.

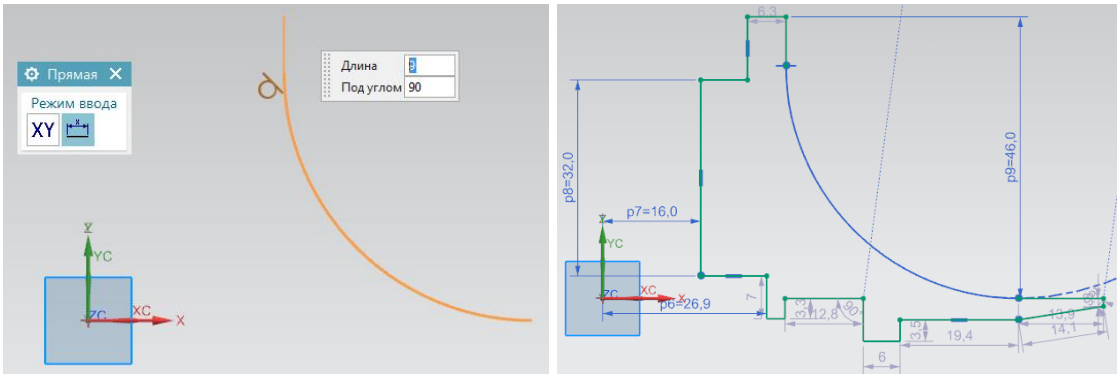


Рис. 12 Создание профиля сердечника импеллера в эскизе

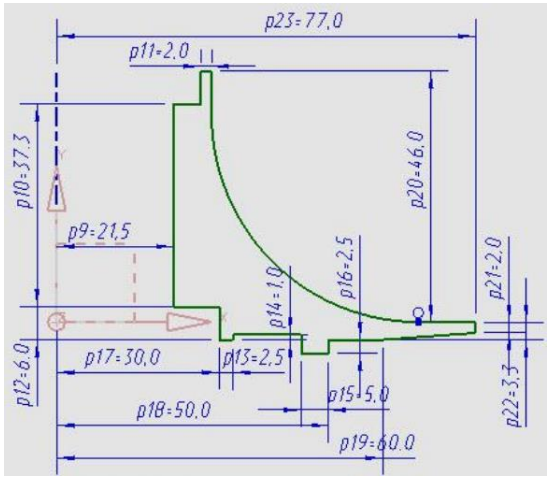


Рис. 13 Размеры профиля сердечника импеллера

Для вашей работы можно создать свой профиль сердечника придерживаясь своих размеров. Обязательно соблюдая условия касательной в крайних точках кривой.

Завершаем построение эскиза и строим сердечник импеллера (рисунок 15) как тело вращения, получаемое вращением построенного сечения вокруг вертикальной оси (в нашем случае вокруг оси Y в рабочей системе координат) рисунок 14.

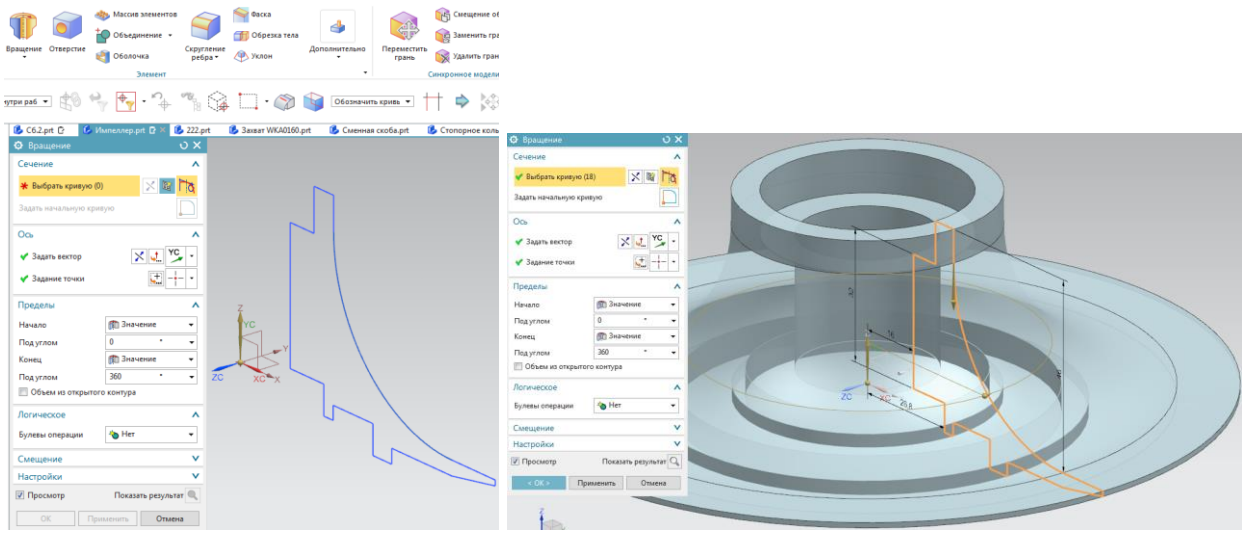


Рис. 14 Вращение эскиза сердечника

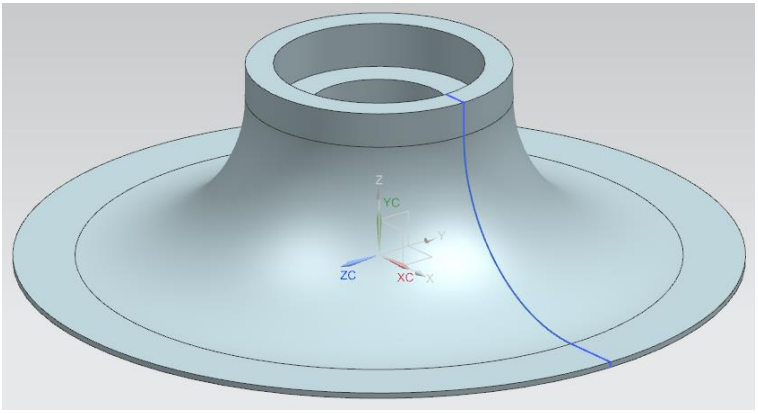


Рис. 15 Сердечник импеллера

Разнесём построенные элементы по различным слоям, выбираем «переместить на слой» рисунок 16.

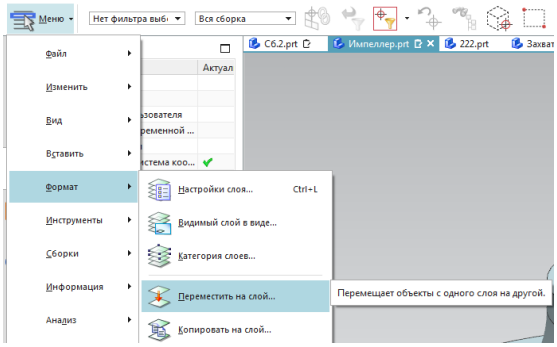


Рис. 16 Выбор инструмента для перемещения на слой

Выбираем категорию эскизы, система предлагает поместить наш эскиз на 21 слой – соглашаемся Ок. (для этой категории системой выделены с 21 по 41слой) рисунок 17.

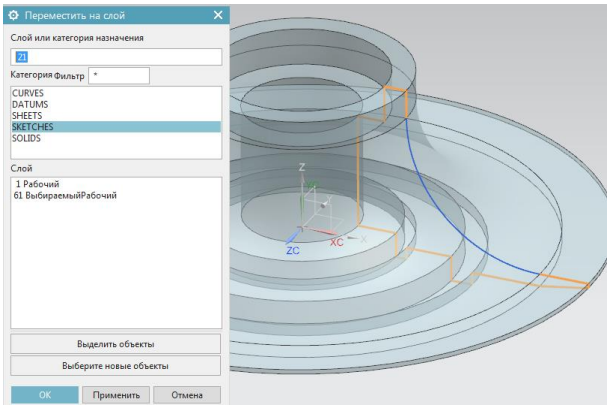


Рис. 17 Выбор категории и слоя для эскиза

Отключаем видимость данного слоя (меню – формат – настройки слоя). Выключаем красную галочку перед 21 слоем (рисунок 18).

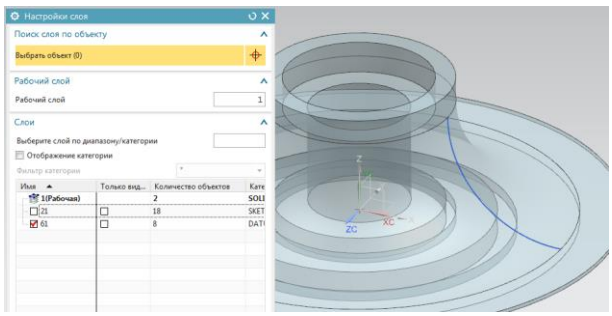


Рис. 18 Придание 21 слою статуса невидимого

Аналогичную процедуру проделываем с кривой, построенной по точкам из файла (рисунок 19).

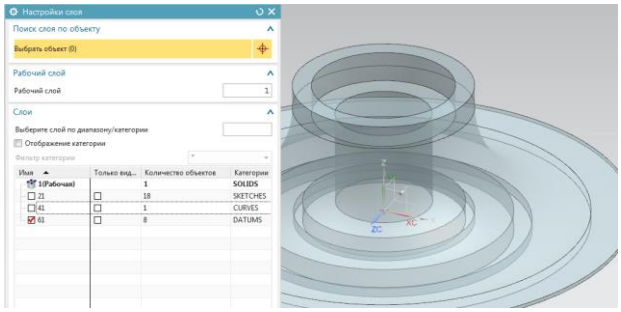


Рис. 19 Кривая сердечника перемещена на 41 слой и невидима

Приступаем к построению лопаток импеллера. Начинаем с построения нижнего профиля лопатки импеллера. Мы знаем, что система по умолчанию кривые строит в плоскости X,Y. Воспользуемся этим, хотя можно строить в любой плоскости. Для этого повернём рабочую систему координат, чтобы она совпала с абсолютной (меню – формат – РСК – РСК установить в абсолютную). Делаем вид сверху и скрываем сердечник импеллера. Построим отрезок со следующими координатами XC=77; YC=1,5; ZC=0 первая точка отрезка, XC=77; YC= -1,5; ZC=0 вторая точка (рисунок 20).

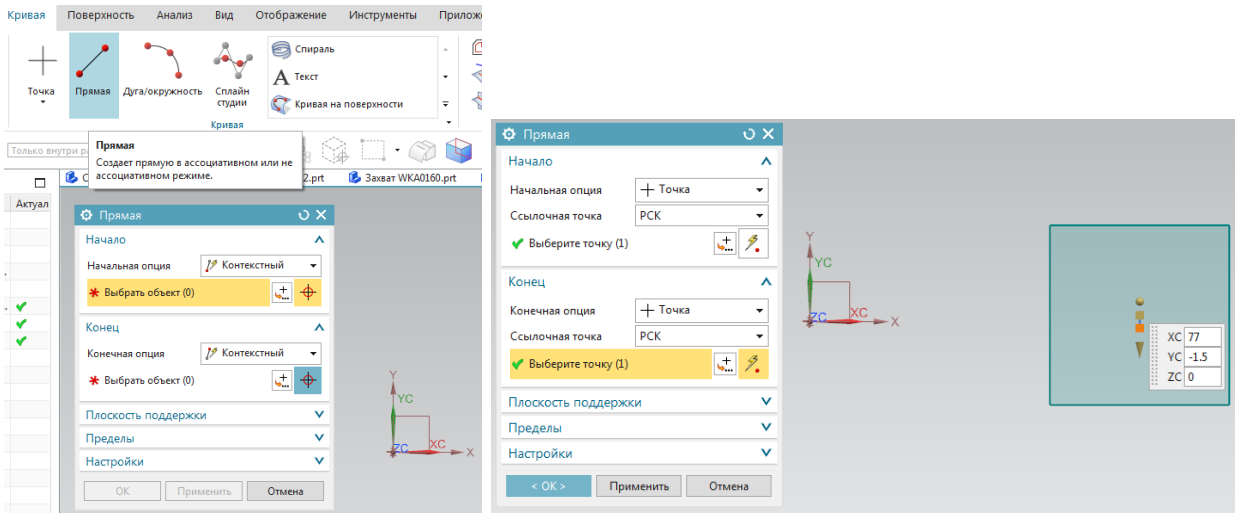


Рис. 20 Построение отрезка нижнего профиля лопатки импеллера

Строим следующий отрезок. Выбираем верхний конец построенного отрезка, при построении второй точки отрезка выбираем опцию «Под углом» рисунок 21.

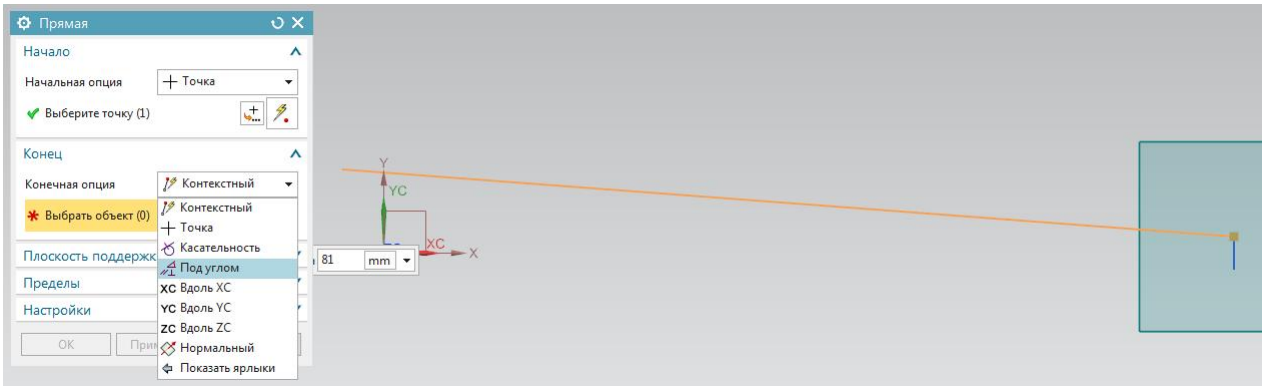
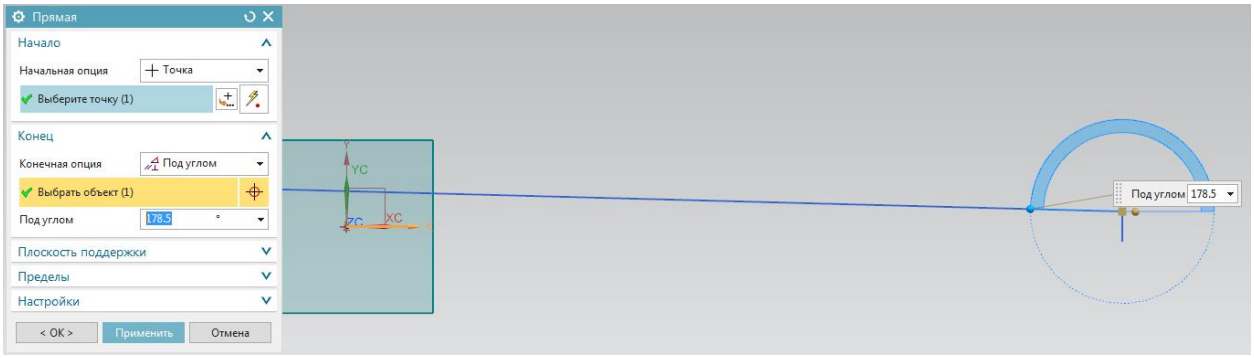


Рис. 21 Выбор опции второй точки прямой

Устанавливаем прямую под углом 178.5 градусов и заводим конец левее системы координат.



Аналогично проводим вторую прямую из нижней точки первого отрезка под углом 181.5 градусов. Построим ещё две вертикальные прямые: одна вдоль оси Y, а другая параллельно оси Y с координатами по оси X=100 (рисунок 22).

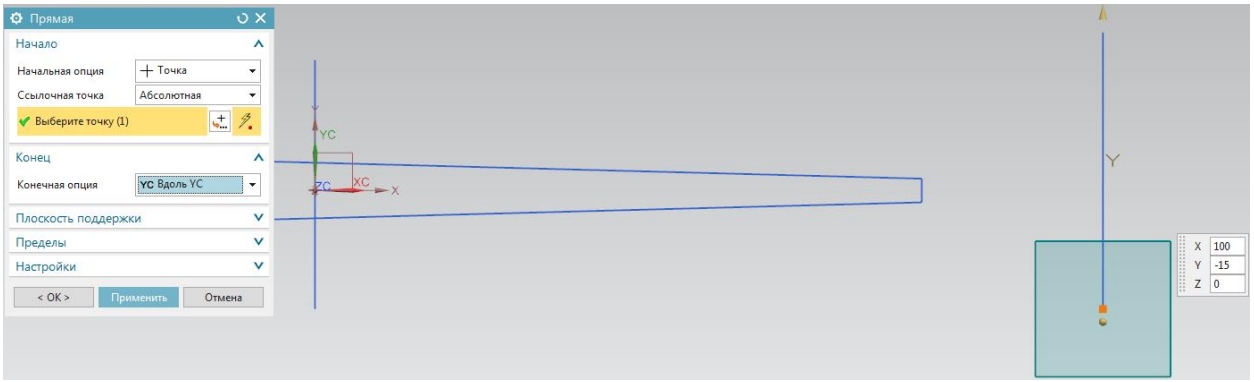


Рис. 22 Линии нижнего сечения

Теперь обрежем лишние линии контура нижнего сечения, для этого вызываем инструментальное средство обрезки (меню – изменить – кривая – обрезка кривых). В меню сначала выбираем что нам не надо, а затем задаем границы обрезки (рисунок 23). Нажимаем «применить».

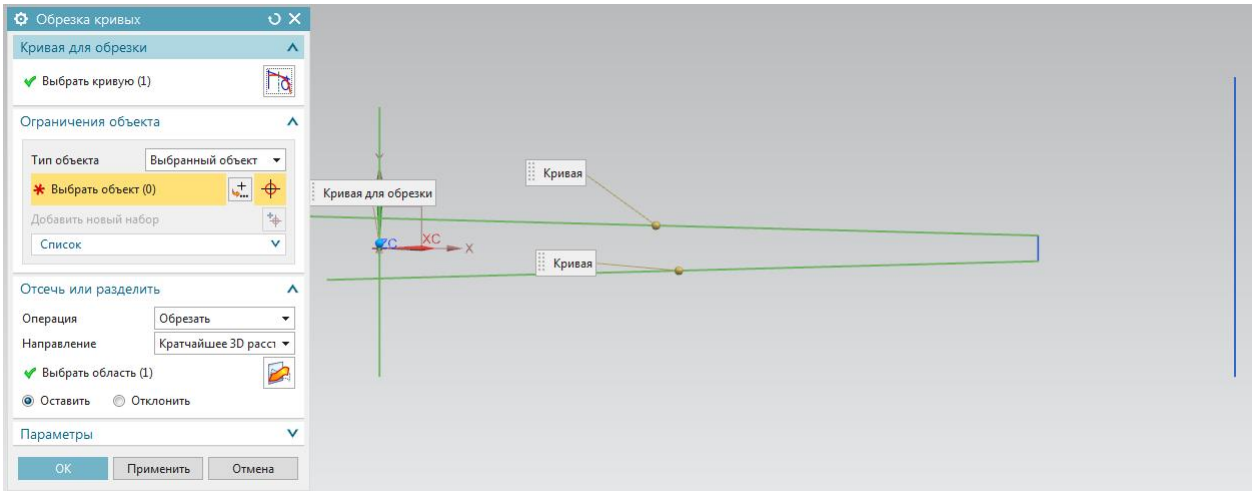


Рис. 23 Выбор объектов для обрезки

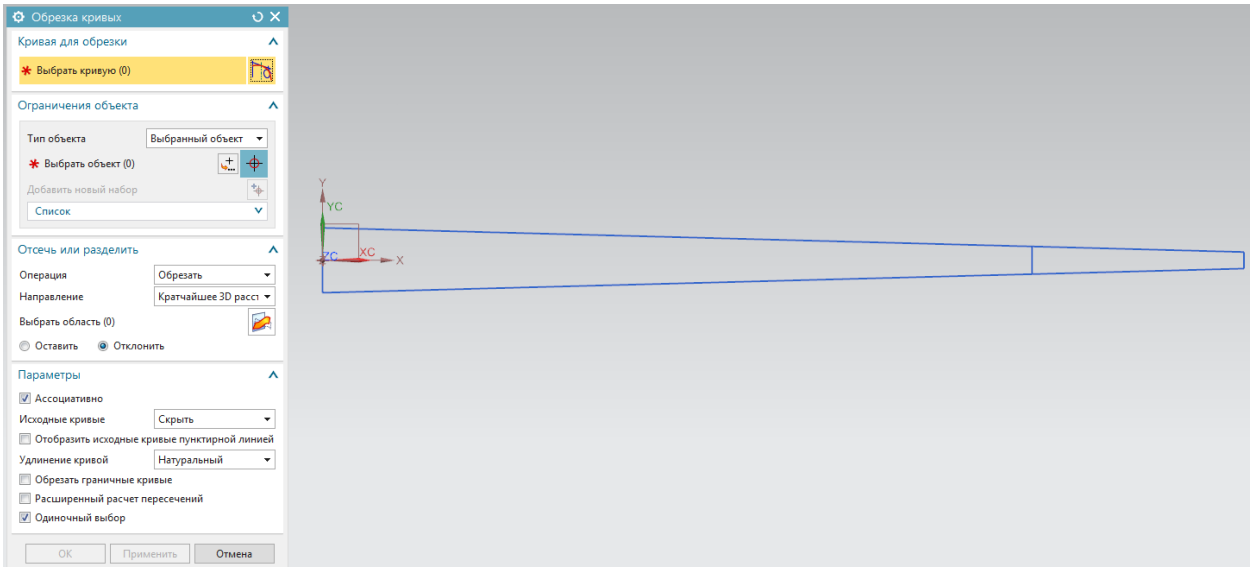


Рис. 24 Результат обрезки кривых

Задавая границу обрезки с координатами XC=100, обрезаемая линия достраивается до этой границы. В результате обрезки получаем профиль нижнего сечения лопатки. Самую первую построенную линию сделаем пунктирной (меню – изменить – отображение объекта), либо ленточная закладка «вид» выбираем 

(рисунок 25). Около многих функций имеются буквенные сочетания для вызова этих функций при помощи

клавиатуры, очень рекомендую это экономит значительное время вызова меню этих функций. В данном случае это ctrl+j.

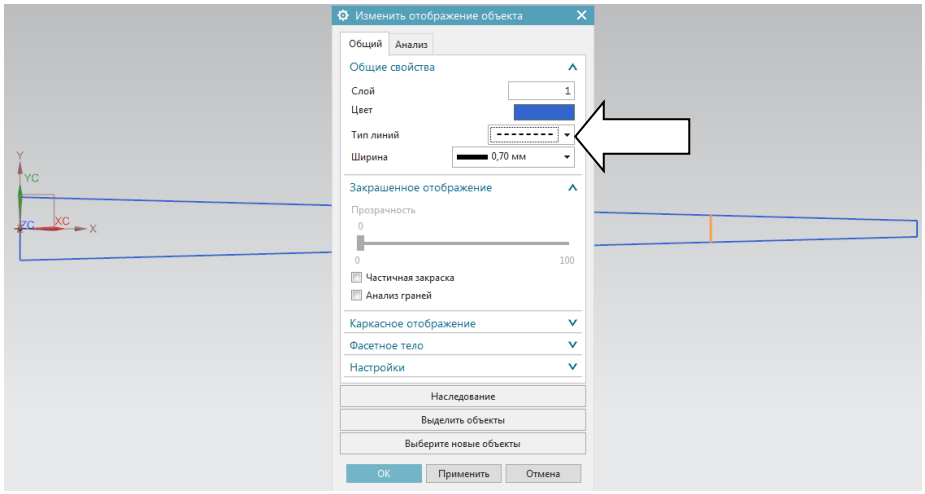


Рис. 25 Изменение сплошной линии на пунктирную

На этом построение нижнего профиля сечения лопатки импеллера заканчиваем. Верхний профиль расположен выше нижнего на 42 мм и развернут на 36 градусов. Для построения его мы рабочую систему координат перенесем по оси ZC на 42 мм и повернем её на 36 градусов (XC перемещается в сторону YC) рисунок 26. В плоскости XY перенесенной системы координат построим концевое сечение профиля.

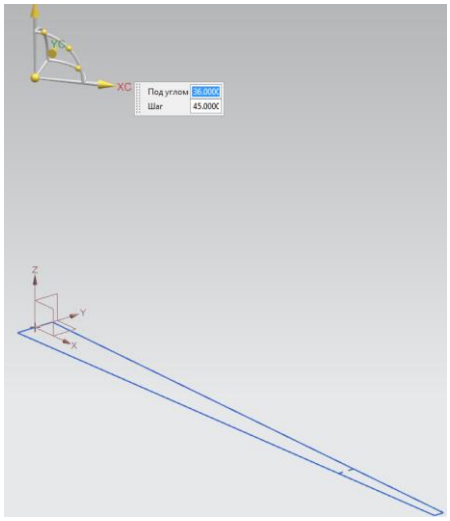
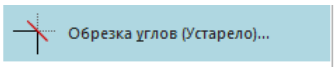


Рис. 26 Перемещение и поворот системы координат

Аналогично построению начального сечения профиля выполняем построение элементов концевого сечения. Первый отрезок строим по координатам точек: XC=50; YC=1.5; ZC=0 и XC=50; YC=-1.5; ZC=0. Из концов этого отрезка строим прямые с теми же углами (по 1.5 градуса от оси

XC). Строим отрезок, параллельный оси YC и проходящий через точку начала координат. Производим операцию обрезки (рисунок 26).

Обрезку произведем ещё одним методом, вызываем опцию обрезки углов



в прицел курсора должны попасть две линии и центр перекрестия курсора должен находиться со стороны обрезаемых концов линий (рисунок 27).

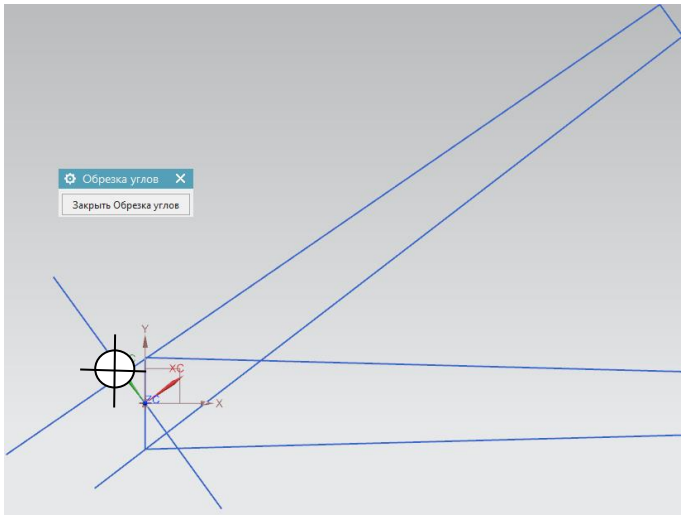


Рис.27 Применение опции Обрезка углов

Концевое сечение построено. Вернем систему координат исходное положение (меню – формат – РСК – установить РСК в абсолютную). Соединим середины отрезков сечений прямой линией (рисунок 28).

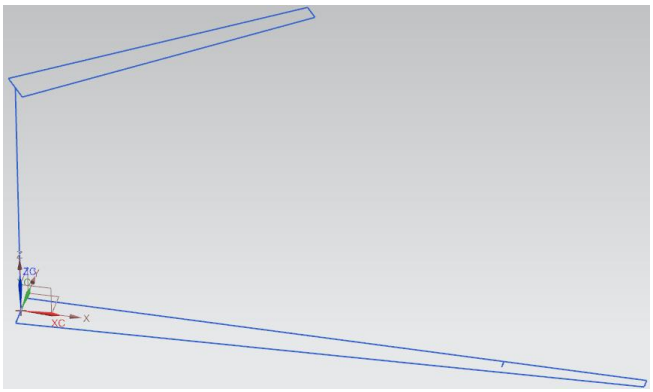


Рис. 28 Профили сечения лопатки импеллера

Приступаем к заданию кривых, определяющих законы, по которым будет построена лопатка импеллера.

Кривая, которая будет построена, определяет закон ориентации профиля при его движении от начального положения до концевого.

Построение кривой по математической формуле.

В NX имеется возможность задания кривой через систему параметрических функций: X=X(t); Y=Y(t); Z=Z(t), где параметр t является независимой переменной. Сначала необходимо определить все переменные в базе выражений (меню – инструменты – выражения), или в ленточной панели закладка инструменты иконка: 

(рисунок 29).

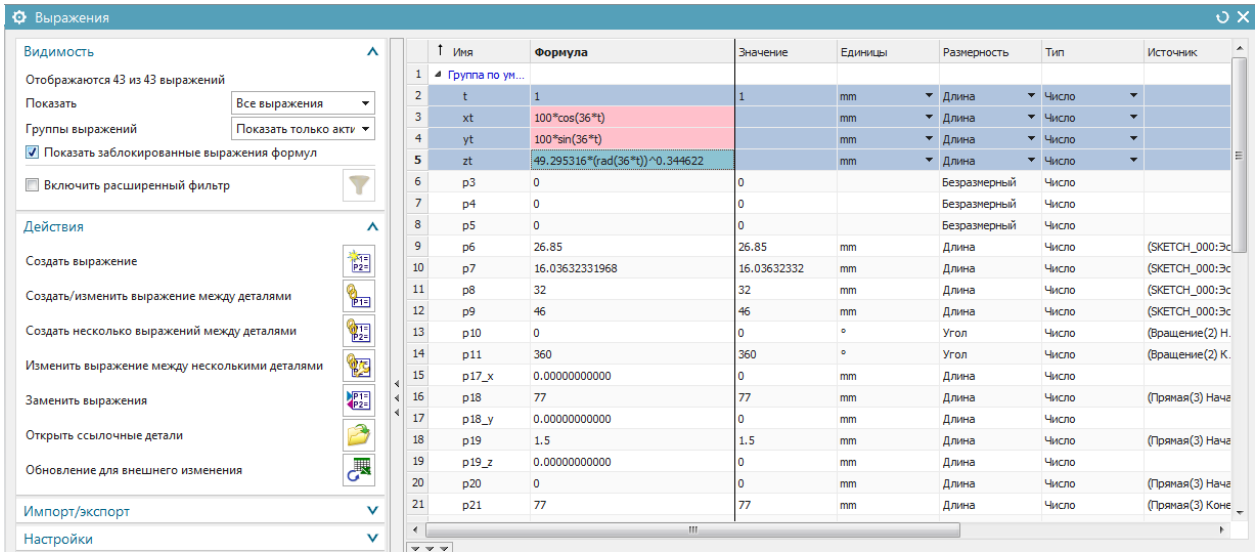


Рис. 29 Определение переменных в базе выражений

Вводим параметрические формулы координат кривой. Используем имена xt, yt, zt, поскольку такие имена для кривых по закону система принимает по умолчанию. Запишем уравнения (рисунок 29):

t=1;

Xt=100*cos(36*t);

Yt=100*sin(36*t);

Zt=49.295316*(rad(36*t))^0.344622;

Рис. 29 Параметрические уравнения

Переходим к построению кривой. Для этого выбираем (меню – вставить – кивая – кривая по закону) или иконку из ленточной панели (рисунок 30):

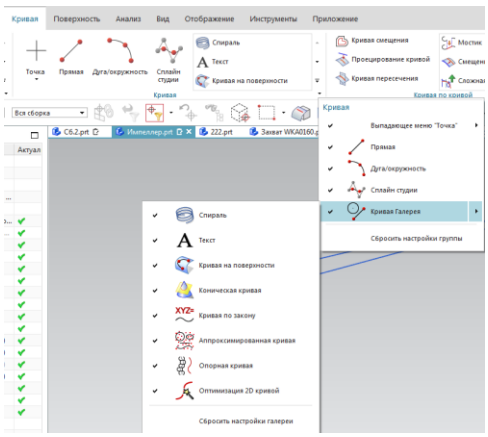


Рис. 30 Выбор меню «кривая по закону»

После выбора меню система строит кривую по закону (рисунок 31).

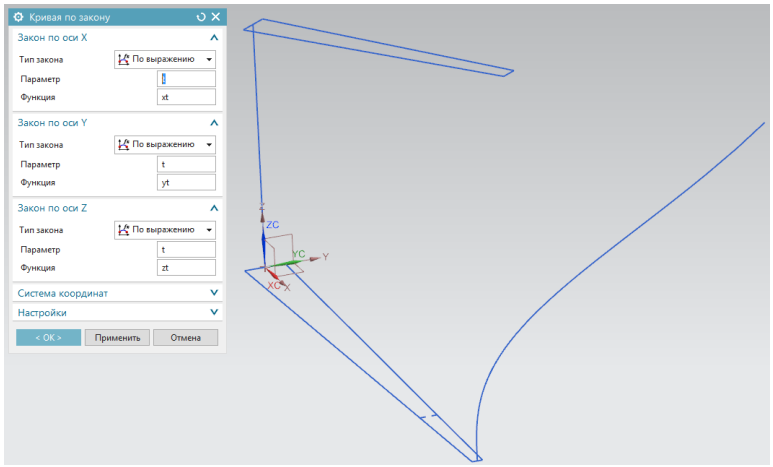


Рис. 31 Построение кривой по закону

Построим ещё одну кривую, которая определяет закон изменения радиуса профиля при движении профиля от начального положения к концевому, для этого переориентируем систему координат так, чтобы ось Y совпала с осью вращения импеллера (рисунок 32).

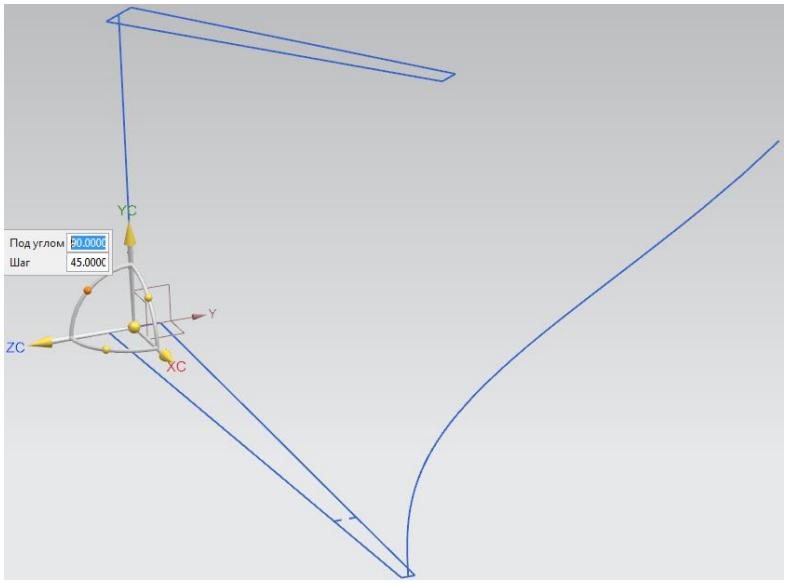


Рис. 32 Переориентация системы координат

Далее построим сплайн оптимизации, вызываем инструментальное средство (меню – вставить – кривая – сплайн) 

. Метод построения выбираем «оптимизация». В следующем меню выбираем «конструктор точки» и вводим координаты точек (рисунок 33) в рабочей системе координат. Координаты точек в системе NX представлены на рисунке 34.

XC=50	*YC=42*	*ZC=0*	<OK>
XC=52.8312	*YC=34.9*	*ZC=0*	<OK>
XC=61.1613	*YC=23.1681*	*ZC=0*	<OK>
XC=77	*YC=15*	*ZC=0*	<OK>
XC=90.0680	*YC=7.5250*	*ZC=0*	<OK>
XC=100	*YC=0*	*ZC=0*	<OK>

Рис. 33 Координаты точек сплайна оптимизации

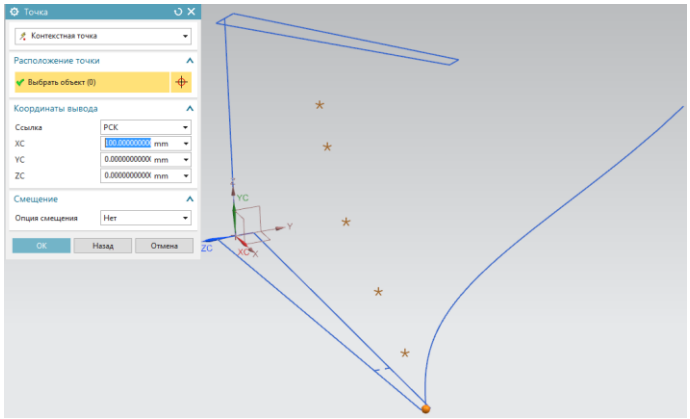
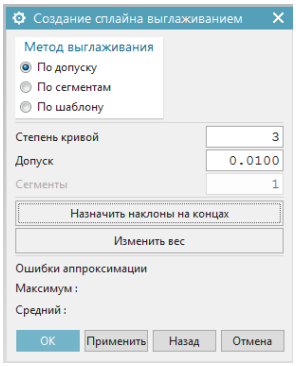


Рис. 34 Координаты точек в системе NX

Подтверждаем что все точки заданы (нажимаем клавишу «Да»), в следующем меню смотрим, чтобы переключатель был установлен в методе

выглаживания «по допуску» (рисунок 35). Нажимаем клавишу «назначить наклоны на концах»



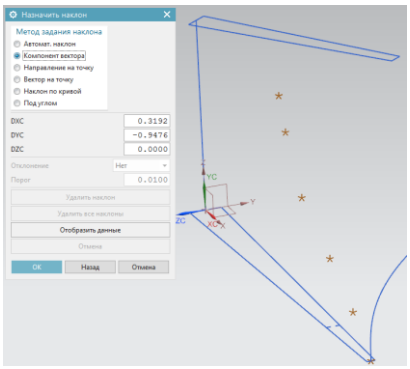
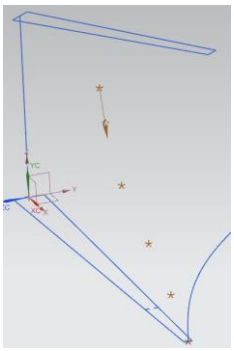


Рис. 35 Задание метода выглаживания **Рис. 36 Задание наклона кривой**

Метод задания наклона «компонент вектора»,затем делаем выбор у первой точки (курсором щелкаем по точке), и вводим значения DXC=0.3192; DYC= -0.9476. После нажатия «Ок» система покажет вектор (рисунок 37). Нажимаем ещё раз «Ок» и после построения кривой «отмена». Кривая оптимизации построена (рисунок 38).



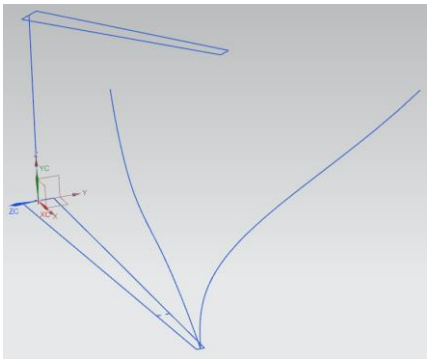
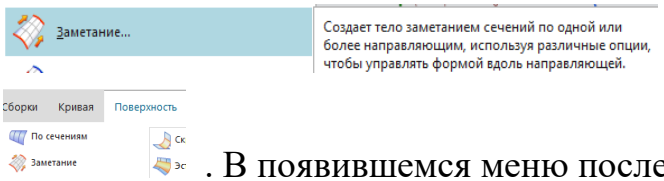


Рис. 37 Вектор наклона касательной **Рис. 38 Кривая оптимизации**

Приступаем к построению лопатки импеллера. Лопатка будет создана методом протягивания профиля по одной направляющей от начального до концевого положения с использованием кривых, задающих закон ориентации профиля и закон изменения его длины. Воспользуемся иконкой «заметание» (меню – вставить – заметание – заметание)



или в ленточной панели:

. В появившемся меню последовательно выбираем два сечения (рис39). Выбираем последовательно по четыре элемента каждого сечения. Стрелки начала обхода контура должны располагаться как на рисунок 39.

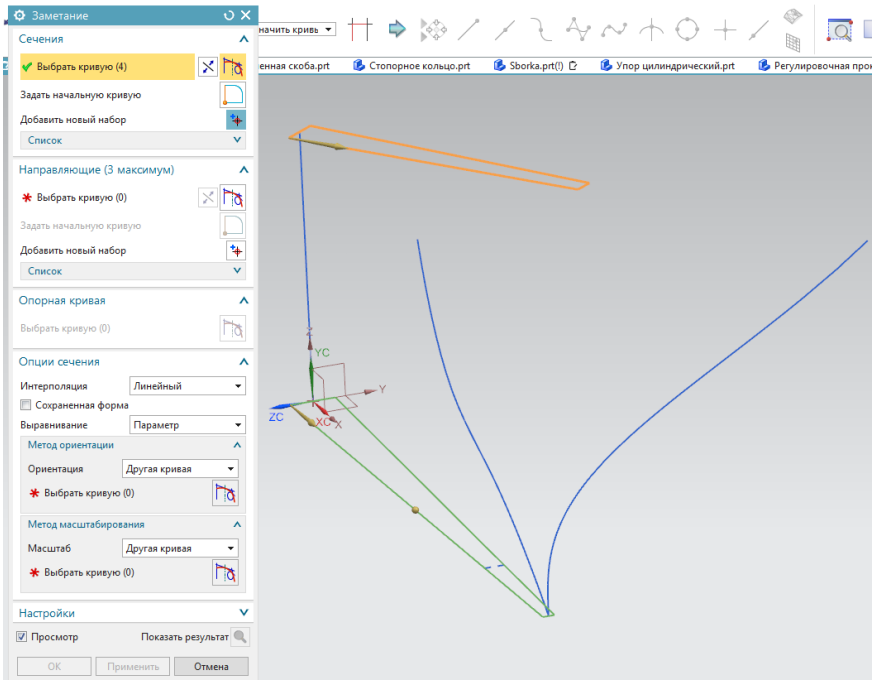


Рис. 39 Выбор сечений при заметании

В качестве направляющей выбираем отрезок соединяющий середины отрезков сечений. Опорная кривая выбираем тот же отрезок. В опциях сечения выравнивание «по точкам». Метод ориентации «другая кривая» - указываем на кривую построенную по математической формуле. Метод масштабирования «другая кривая» - выбираем кривую оптимизации (рисунок 40). Делаем просмотр и если всё правильно нажимаем «Ок». Лопатка импеллера построена (рисунок 41).

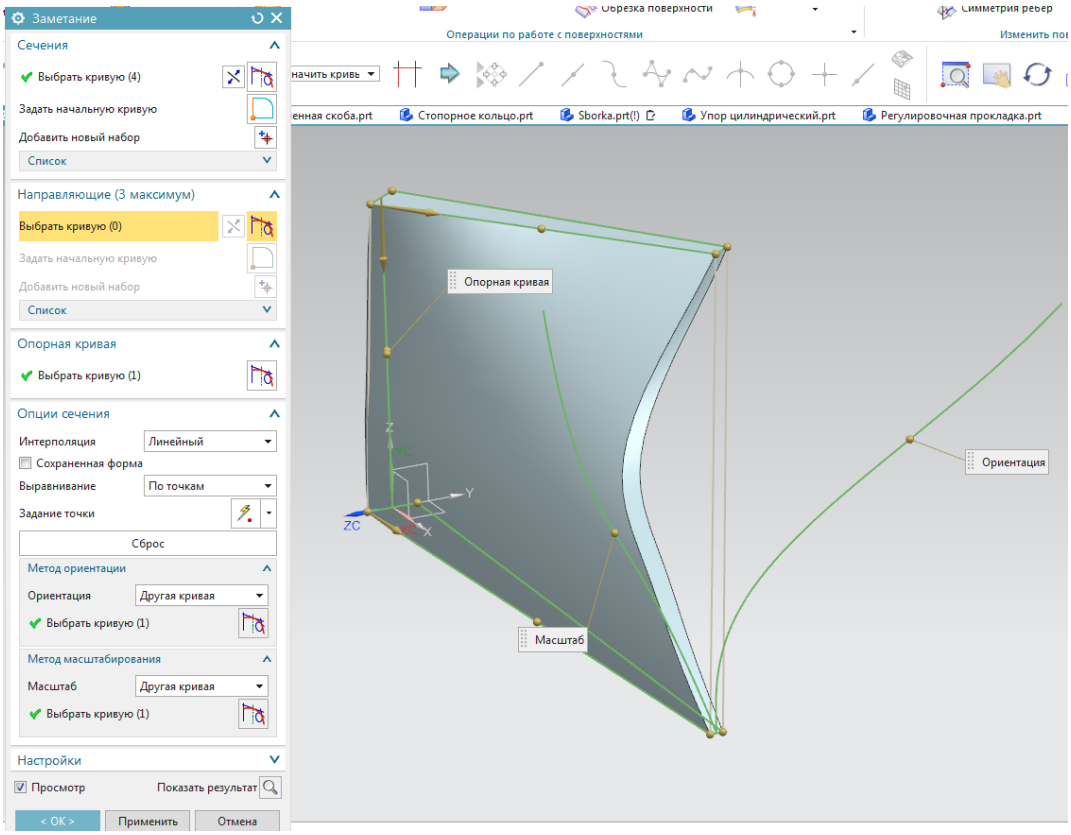


Рис.40 Задание всех параметров в меню

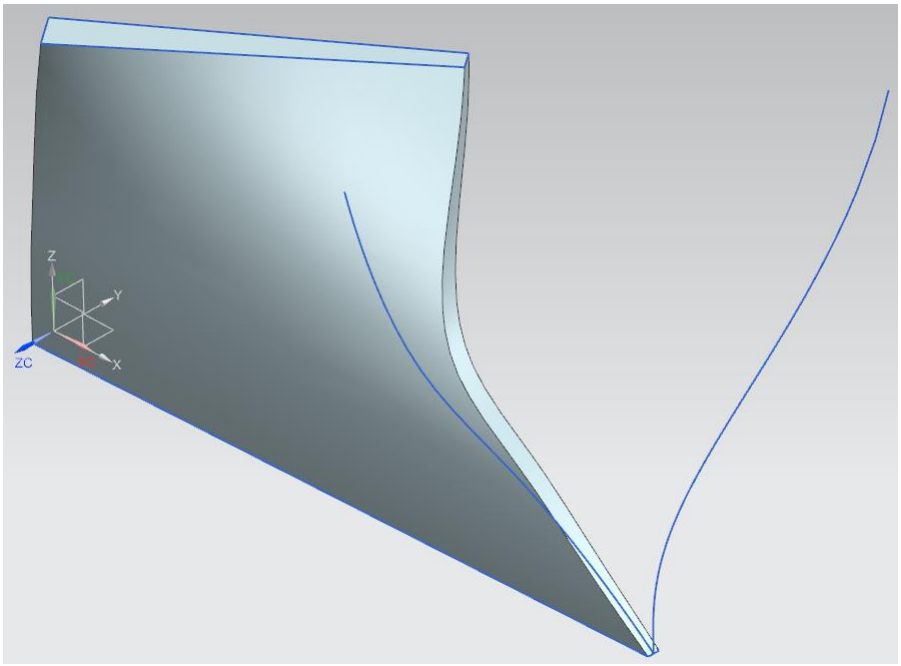


Рис. 41 Лопатка импеллера

Теперь в графическом окне можно всё скрыть, а затем показать только то, с чем в дальнейшем будем работать (меню – изменить – показать и скрыть – показать). Показать: выбираем сердечник и лопатку импеллера (рисунок 42).

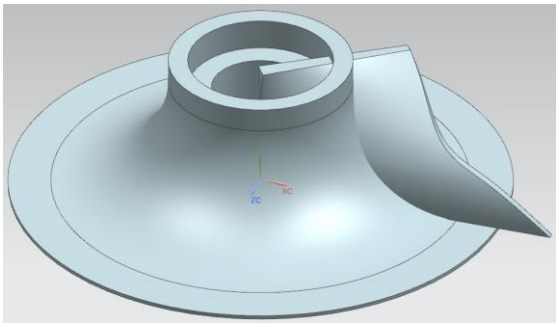


Рис. 42 Выбранные элементы для работы

Обрезаем выступающие за габариты сердечника части построенной лопатки. Способов обрезки множество: можно создать кольцо из двух цилиндров, затем пересечь с телом лопатки; можно вытянуть нужную окружность со смещением, затем так же пересечь; можно воспользоваться операцией обрезки и т. д. Воспользуемся вытягиванием окружности со смещением. Измерим расстояние смещения. Сделаем вид сверху и измерим по точкам квадранта (рисунок 43).

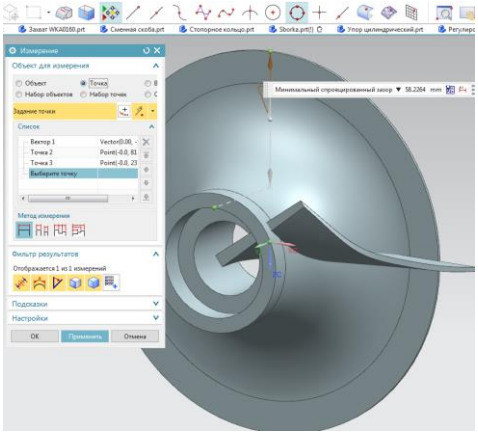


Рис. 43 Измерение расстояния смещения при вытягивании

При вытягивании округлим до целого в меньшую сторону, это составит 58 мм. Будем вытягивать меньшую окружность ребра сердечника импеллера, от которого измеряли расстояние вытягивания (рисунок 44).

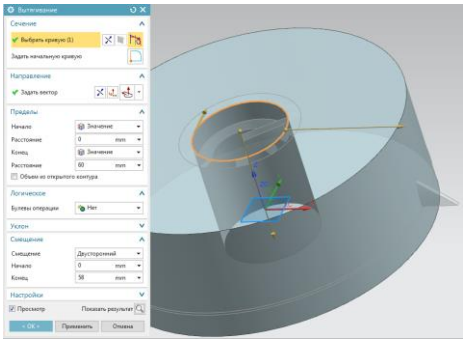


Рис. 44 Вытягивание ребра со смещением

Пересечем вытянутое тело с построенной лопаткой импеллера (рисунок 45), затем обрезанную этой операцией лопатку объединяем с сердечником импеллера (рисунок 46).

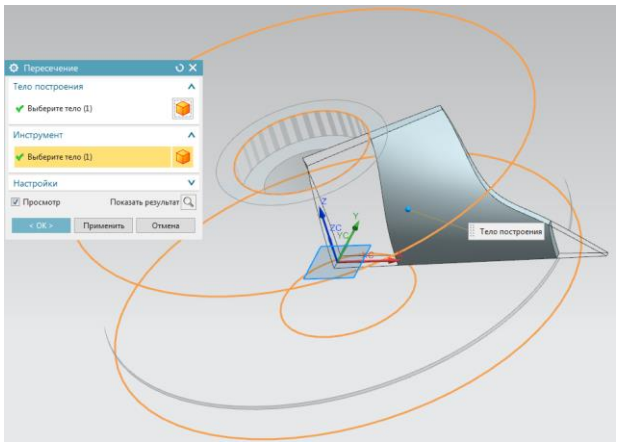


Рис. 45 Лопатка импеллера обрезанная пересечением

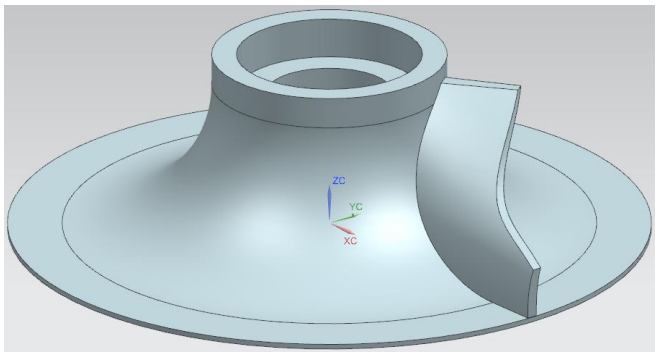


Рис. 46 Лопатка объединенная с сердечником

Построим скругление верхнего ребра лопатки радиусом 15 мм (рисунок 47).

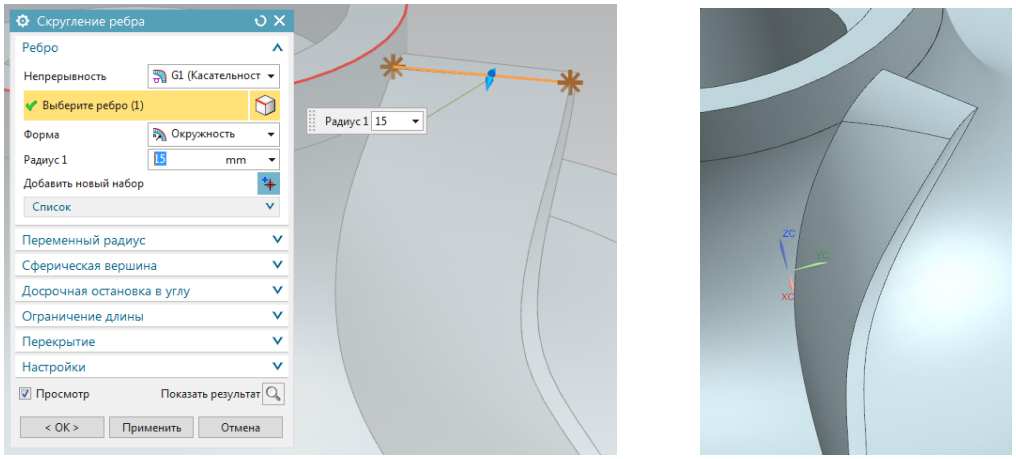
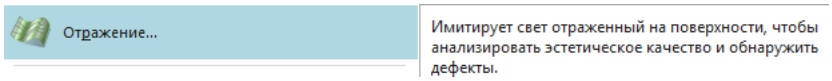
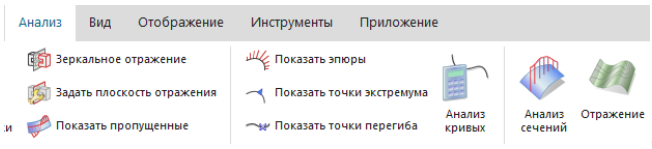


Рис. 47 Скругление ребра радиусом 15 мм

Проведем анализ поверхности скругления на предмет ее сопряжения с основной поверхности лопасти. Обращаемся к иконке «отражение»:



(меню – анализ – форма – отражение), или в ленточной панели



.

Анализировать картину будем тридцатью двумя горизонтальными тонкими линиями (рисунок 48).

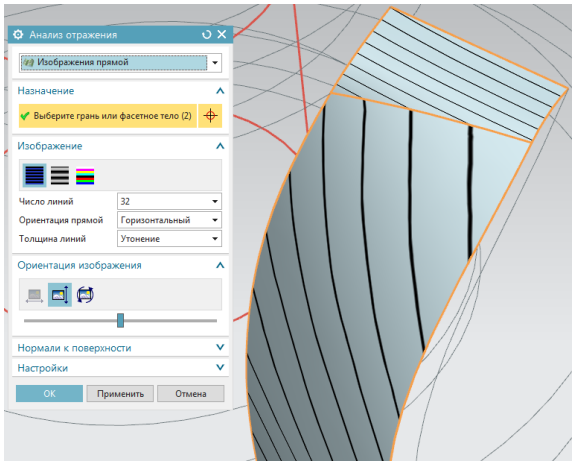


Рис. 48 Анализ поверхности тонкими линиями

Судя по картине отражения, на которой виден четкий излом линий на границе поверхностей, можно с уверенностью сказать, что в этом месте имеется разрыв между вторыми производными кривых сечения. Значит, в этом месте ламинарного обтекания лопастей импеллера не будет, на ребре возникнут завихрения, что приведет к потере эффективности импеллера при работе. Поэтому перестроим скругление: В разделе непрерывность меняем на G2 (смотри лекции), дискриминант оставляем 0.6 (дискриминант управляет формой сечения скругления, делая его более плоским или более выпуклым) рисунок 49.

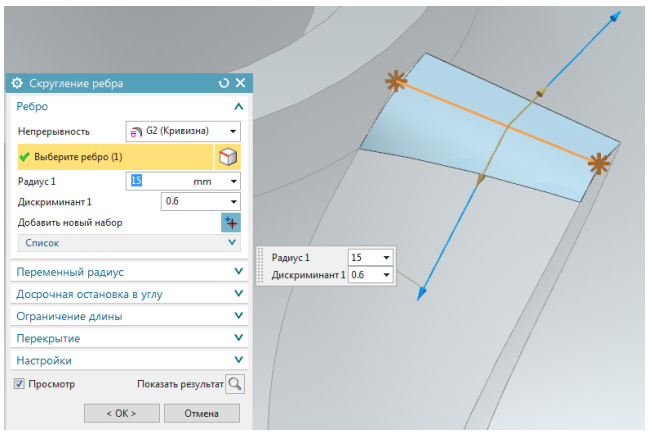


Рис. 49 Редактирование скругления

Теперь опять вернемся к анализу поверхностей (рисунок 50). У линий отражения на границе поверхностей нет изломов. Обтекание такой поверхности лопасти будет происходить плавно, без отрыва потока.

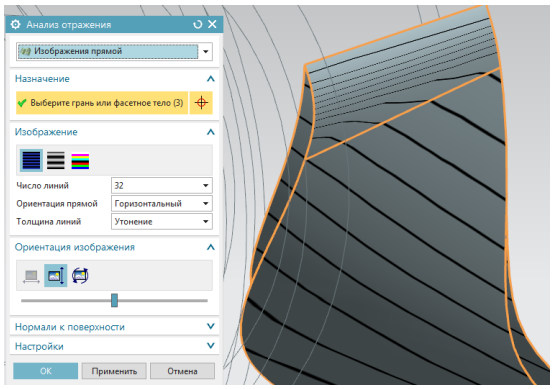


Рис. 50 Анализ скругления по G2 и при дискриминанте 0.6

Выполним дальнейшие скругления: выберем верхнее ребро лопасти, значение радиуса 0.2 мм; стык лопасти и сердечника, значение радиуса 1мм. Все необходимые скругления ребер построены (рисунок 51).

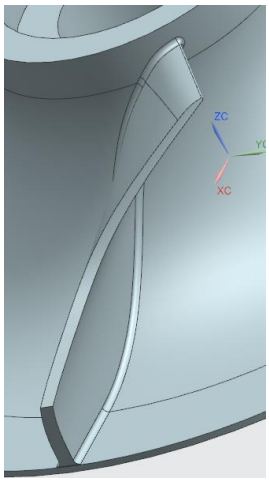
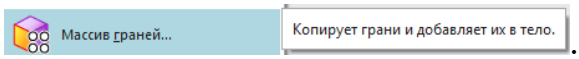
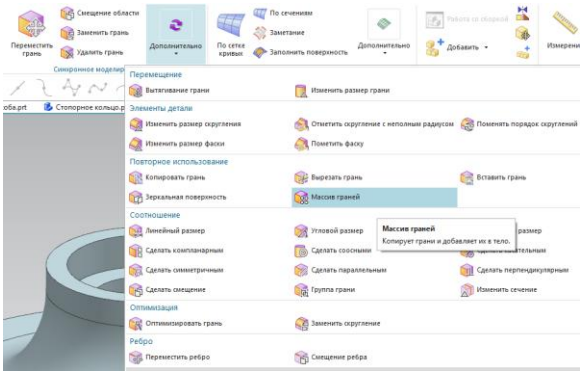


Рис. 51 Скругления лопасти с сердечником

Теперь лопасть нужно размножить, поскольку она объединена с сердечникам, то воспользуемся специальной функцией, позволяющей создавать массивы геометрически сложных компонентов. Обращаемся к функции синхронного моделирования (меню – вставить – синхронное моделирование – повторное использование – массив граней)



. Либо в ленточной панели



Выбираем все поверхности лопатки импеллера и скругления для копирования (рисунок 52).

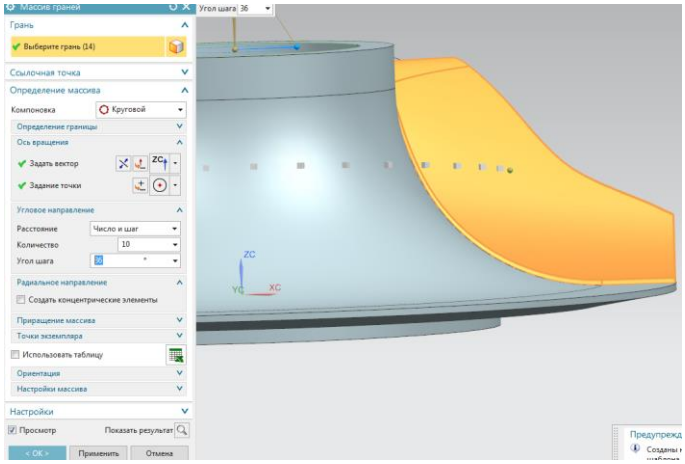


Рис. 52 Выбор поверхностей для копирования

Результат построения массива представлен на рисунке 53.

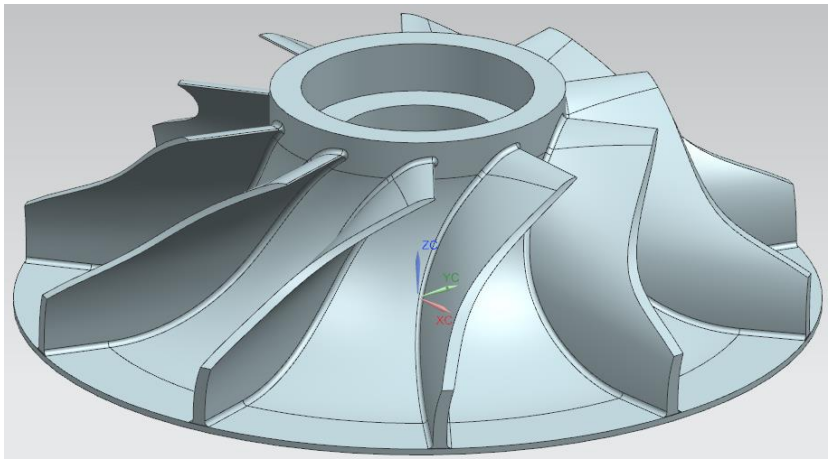


Рис. 53 Массив созданный при помощи синхронного моделирования

Теперь построим укороченную лопасть. Эти лопасти будут расположены между полновысотными лопастями. Геометрически это та же лопасть, только с обрезанной конусом верхней частью. Необходимо вернуться к тому этапу, когда лопасть была отдельным объектом, и скопировать ее. Для этого используем навигатор модели. Ставим курсор на модель лопатки и нажимаем правую клавишу мыши, и в появившемся меню выбираем опцию «сделать элемент текущим» (рисунок 54).

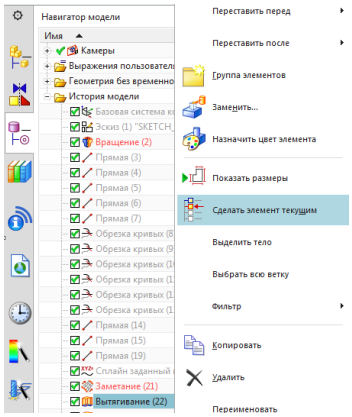


Рис. 54 Окно навигатора модели

Результат показан на рисунке 55, сердечник скрываем.

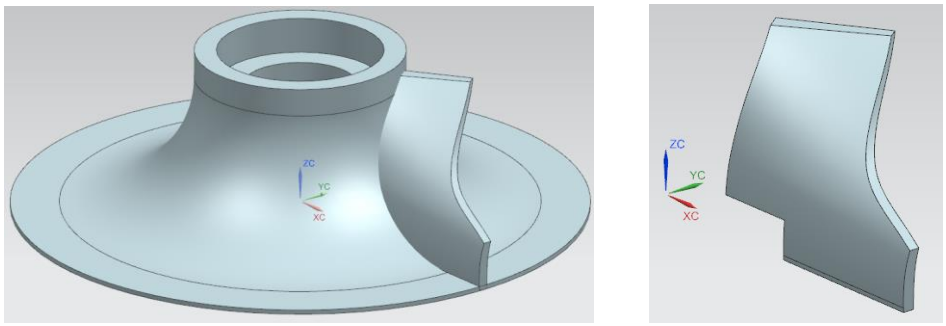


Рис. 55 Откат до объединения лопатки с сердечником

Теперь сделаем слой, на котором находится кривая сердечника, выбираемым и его будет видно в графическом окне (меню – формат – настройки слоя). Копируем лопасть и кривую сердечника на угол 18 градусов вокруг оси ZC (меню – изменить – переместить объект) рисунок 56.

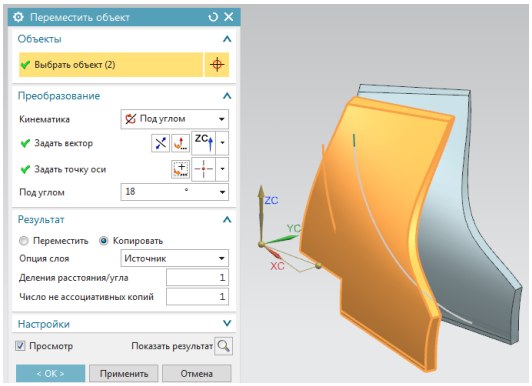


Рис. 56 Копирование лопасти и кривой сердечника

Погасим лопатку импеллера и кривую сердечника, оставим только скопированные. Сейчас нужно поставить точку на скопированной кривой сердечника, которая лежит на 20 процентах от ее длины. Обращаемся к функции (меню – вставить – база/точка – набор точек) рисунок 57.

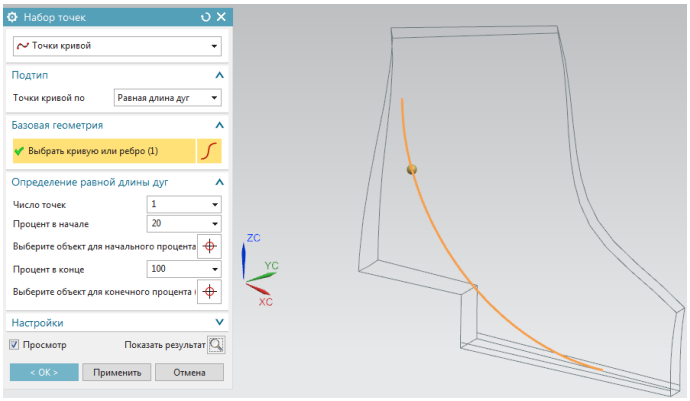


Рис. 57 Точка на 20 процентах от ее длины

Из этой точки рисуем прямую перпендикулярную кривой сердечника, дотягиваем ее до оси ZC или дальше.

Для удобства развернем рабочую систему координат на те же 18 градусов и построим отрезок из начала координат параллельно оси ZC на высоту большую высоты лопатки. Перпендикуляр из точки проведем следующим образом: Проведем из этой точки касательную к кривой сердечника, а затем из этой точки перпендикуляр к касательной прямой, следовательно она будет перпендикулярной к кривой сердечника (рисунок 58).

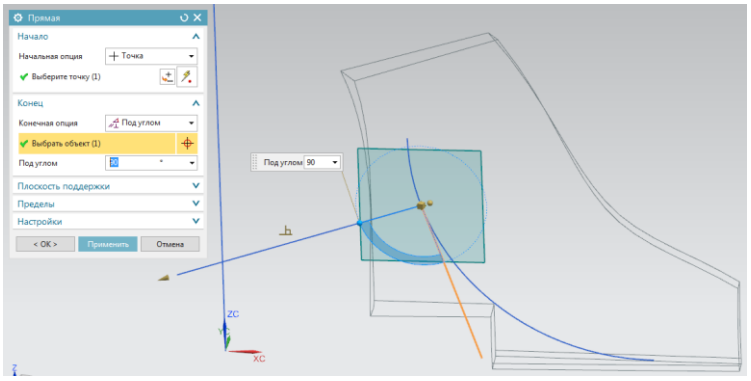


Рис. 58 Построение перпендикуляра к кривой сердечника

Достраиваем прямые до треугольника, следим чтобы верхняя часть копии лопатки попадала в этот треугольник (рисунок 59).

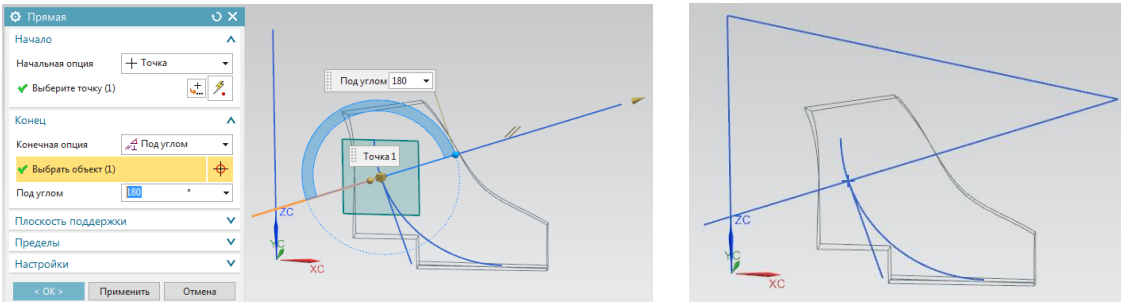


Рис. 59 Создание треугольника для конуса

Путем вращения треугольника вокруг оси ZC заметаем тело конуса (рисунок 60).

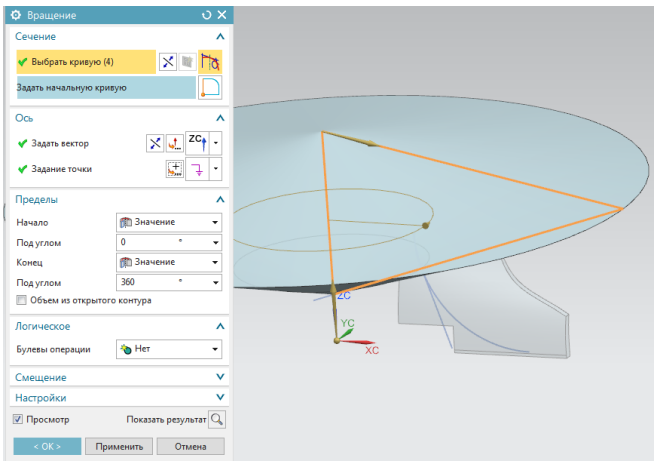


Рис. 60 Построение конуса для обрезки скопированной лопатки

Вычитаем из лопатки построенный конус, скрываем все дополнительные построения (рисунок 61).

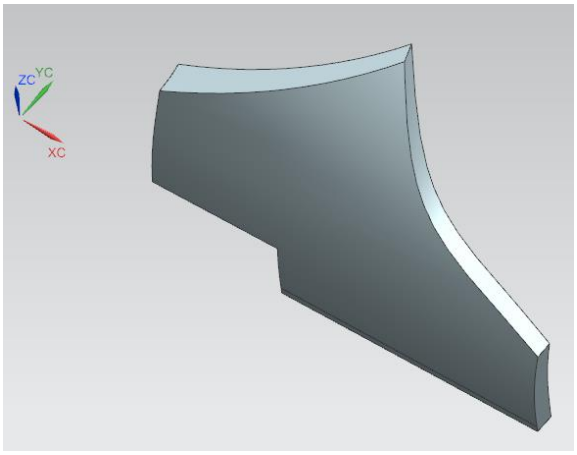


Рис. 61 Обрезанная лопатка

По аналогии с высокой лопаткой скругляем ребро радиусом 10 мм, сразу в разделе непрерывность выбираем G2 и дискриминант 0.65 (рисунок 62).

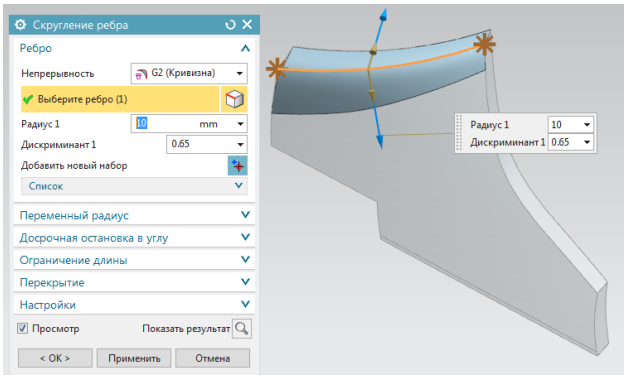


Рис. 62 Скругление ребра

Проводим анализ отражения сопрягаемых поверхностей, видим плавное перетекание линий, что говорит о сопряжении поверхностей без разрывов. Скругляем верхнее ребро радиусом 0.2 мм (рисунок 63).

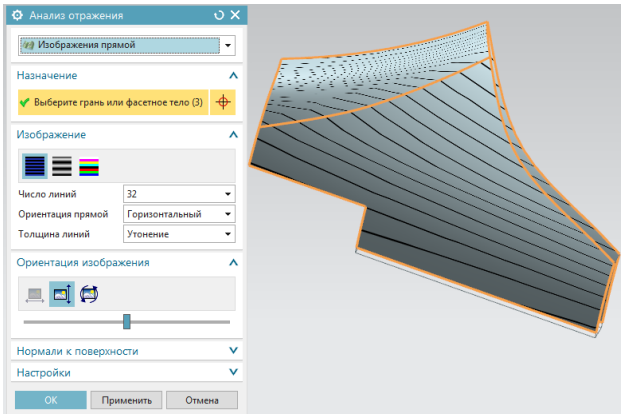


Рис. 63 Анализ отражений

Следующая задача размножить укороченные лопатки между высокими. Применяем метод копирования лопаток путем перемещения (меню – изменить – переместить объект). Копировать будем на угол 36 градусов с поворотом вокруг оси ZC, число копий 9 одна уже есть (рисунок 64).

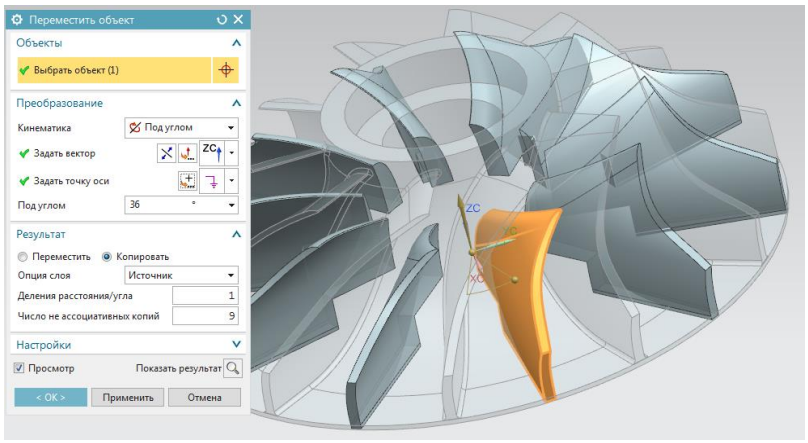


Рис. 64 Копирование укороченных лопаток

Далее укороченные лопатки объединяем с телом сердечника (рисунок 65).

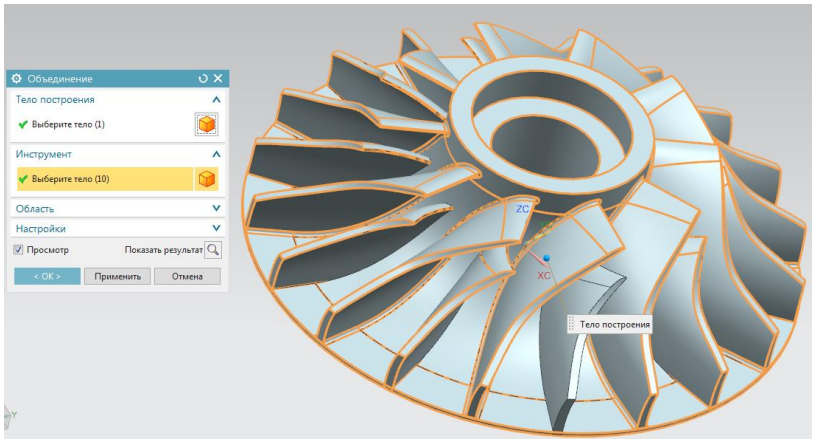


Рис. 65 Операция объединения

Скругляем места примыкания укороченных лопаток радиусом 1 мм (рисунок 66).

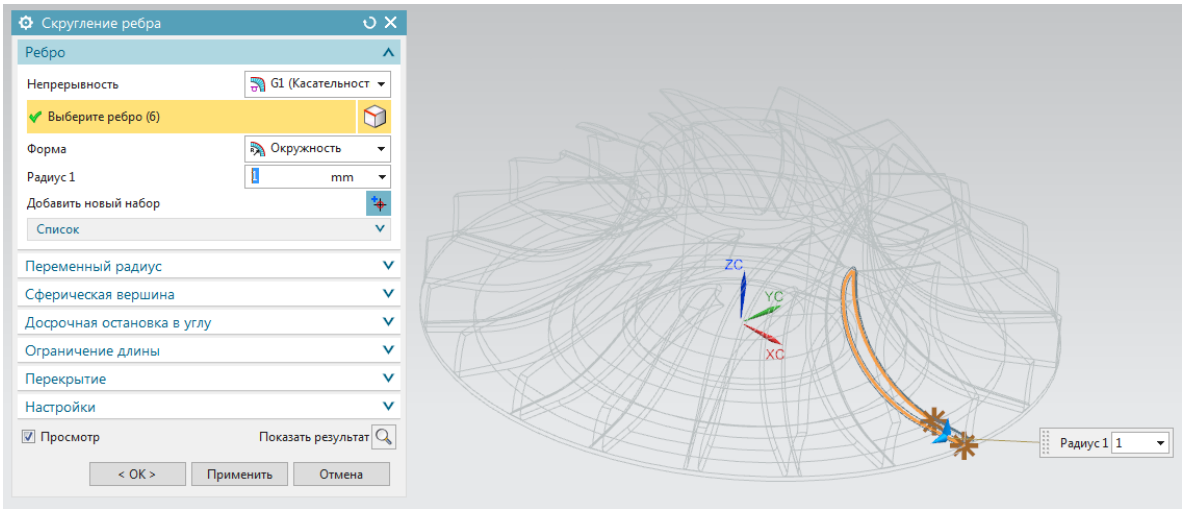


Рис. 66 Скругление мест примыкания укороченных лопаток

Работа над построением импеллера закончена (рисунок 67).

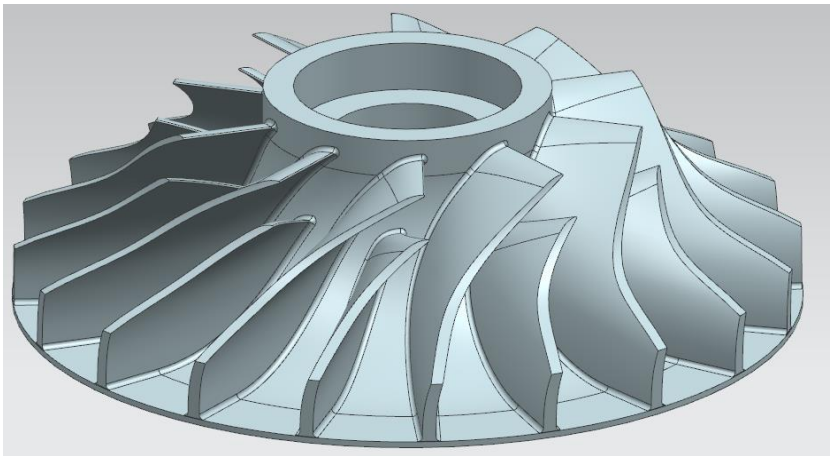


Рис. 67 Готовый импеллер

Осталось только изменит цвет и покрутить его непрерывным вращением, после этого показать преподавателю. Для изменения цвета (меню – изменить – отображение объекта), для вращения (меню – вид – операция – вращение), выбираем произвольную ось вращения, приращение угла делаем поменьше, чтобы визуально отследить вращение, ставим галочку непрерывное вращение и нажимаем применить (рисунок 68). Если вращение происходит в другую сторону, то приращение угла ставим со знаком минус.

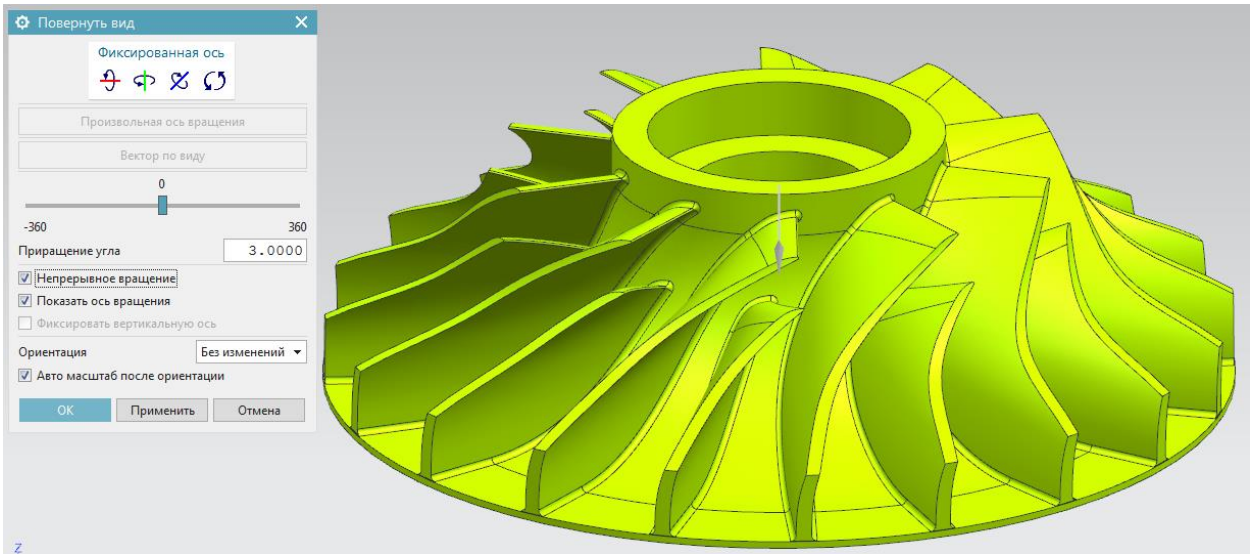


Рис. 68 Демонстрация вращения импеллера

Вопросы:

1. Сколько способов построения сплайна (устаревшая команда)
2. Что такое ассоциативность
3. Почему применено синхронное моделирование
4. Для чего нужен анализ поверхностей
5. Каким образом меняется направление вращеня