

УДК 621.9.

**Цифровой 3D-реинжиниринг металлорежущих станков
лаборатории кафедры «Технологическое оборудование»**

Студенты гр. 10305221 Деревяго Д.Д., Тарасевич А.А., Цыбульский М.А.
Научный руководитель – ст. преподаватель Ажар А.В.
Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь

Консольно-фрезерные станок модели 6М82 (рисунок 1) представляет собой оригинальный станок высокой точности и жесткости. Станок предназначен для выполнения различных фрезерных работ в условиях как индивидуального, так и крупносерийного производства. Характерная особенность станка это то, что его стол может быть повернут вокруг вертикальной оси на угол до 45° в обе стороны.

В условиях крупносерийного производства станки могут быть успешно использованы также для выполнения работ операционного характера. Станки могут быть настроены на различные автоматические циклы, что повышает производительность труда, исключает необходимость обслуживания станков рабочими высокой квалификации и облегчает возможность организации многостаночного обслуживания. Работа на станке и обслуживание его в строгом соответствии с руководством обеспечат безотказную работу станка и позволят сохранить на длительный период его первоначальную точность.

Процесс создания 3D модели станка был реализован с помощью программного комплекса САПР (SolidWorks). Исходные данные для работы были следующие: паспорт станка с техническим описанием конструкции, кинематики, принципа работы, станок как физический объект. Главная задача работы – обеспечить все возможные движения на станке. Исходные данные представляли ограниченную информацию для процесса реинжиниринга, как несущей системы станка, так и приводов. Поэтому при разработке цифровой модели производился дополнительный обмер корпусных деталей и расчеты геометрических параметров деталей приводов.



Рисунок 1 – Консольно-фрезерный станок модели 6M82

Для ускорения и упрощения моделирования построение всех зубчатых колес было осуществлено в программе Компас-3D. В данной программе есть функция для создания пар зубчатых колес, где нужно задать значение модуля, число зубьев, и ширину пар зубчатых колес. Сведения о зубчатых колёсах, содержащиеся в технической документации, ограничивались числом зубьев и модулем колес (рисунок 2).

Наличие полностью интегрированной библиотеки стандартных компонентов с различными вариантами исполнений “Toolbox” (рисунок 3), позволило ускорить работу при моделировании стандартных деталей станка в программе SolidWorks. Так были смоделированы не только подшипники, но и болты, гайки, втулки.

Наименование и обозначение параметра		Ведущее колесо	Ведомое колесо
1. Число зубьев	z_1, z_2	0	0
2. Модуль, мм	m_h	2	
3. Угол наклона зубьев на делительном цилиндре	β	0° 0' 0"	0° 0' 0"
4. Направление линии зуба ведущего колеса	—	прямое	
5. Угол профиля зуба исходного контура	α	20° 0' 0"	0° 0' 0"
6. Коэффициент высоты головки зуба исходного контура	h_a^*	1	
7. Коэффициент радиального зазора исходного контура	c^*	0.25	
8. Коэффициент радиуса кривизны переходной кривой в граничной точке профиля зуба исходного контура	ρ_f^*	0.38	
9. Ширина зубчатого венца, мм	b_1, b_2	0	0
10. Коэффициент смещения исходного контура	x_1, x_2	0	0
11. Диаметр измерительного ролика, мм	D_f, D_2	3.464	3.464
12. Тип зуборезного инструмента	—	червячная фреза	червячная фреза
13. Параметры зуборезного инструмента	Число зубьев	z_{o1}, z_{o2}	0
	Диаметр вершин, мм	d_{ao1}, d_{ao2}	0
14. Ширина межвенцовых канавки для выхода инструмента (у шевронных колес), мм	b_{1f}, b_{2f}	—	—

Рисунок 2 – Функция для создания зубчатых колес (Компас-3D)

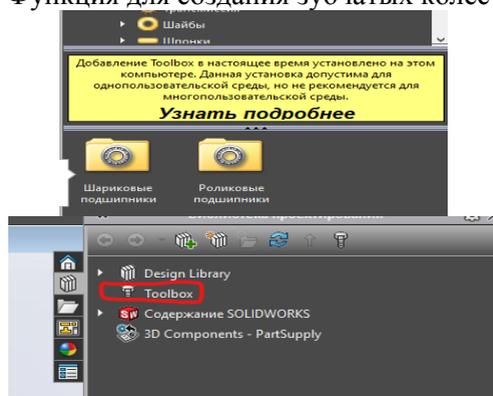


Рисунок 3 – Библиотека Toolbox

На первом этапе моделирования была реализована несущая система станка в виде основных базовых деталей: основание, станина, консоль, салазки, стол, хобот. Задано их взаимное положение относительно друг друга, реализовано перемещение в привязке к выбранной системе координат станка и ограничениями по длине хода и углу поворота. Таким образом, была получена компоновочная 3D схема с габаритами и рабочим пространством, соответствующими физическому объекту. Далее проведено моделирование приводов станка с заданием кинематических связей механизмов и узлов, передающих и преобразующих скорость,

направление, усилие и момент при движении от источника (электродвигателя) до исполнительного звена (шпинделя, консоли, салазок, стола). Проведена интеграция полученных приводных модулей в цифровую оболочку несущей системы.

Коробка скоростей (рисунок 4) смонтирована непосредственно в корпусе станины (в верхней ее части) и управляется с помощью вставной коробки переключения, расположенной с левой стороны станины. Первый вал коробки скоростей соединяется с валом двигателя упругой муфтой, допускающей несоосность в установке двигателя до 0,5–0,7 мм. Упругая муфта имеет стандартное исполнение с кожаными кольцами, которые нужно менять по мере износа.

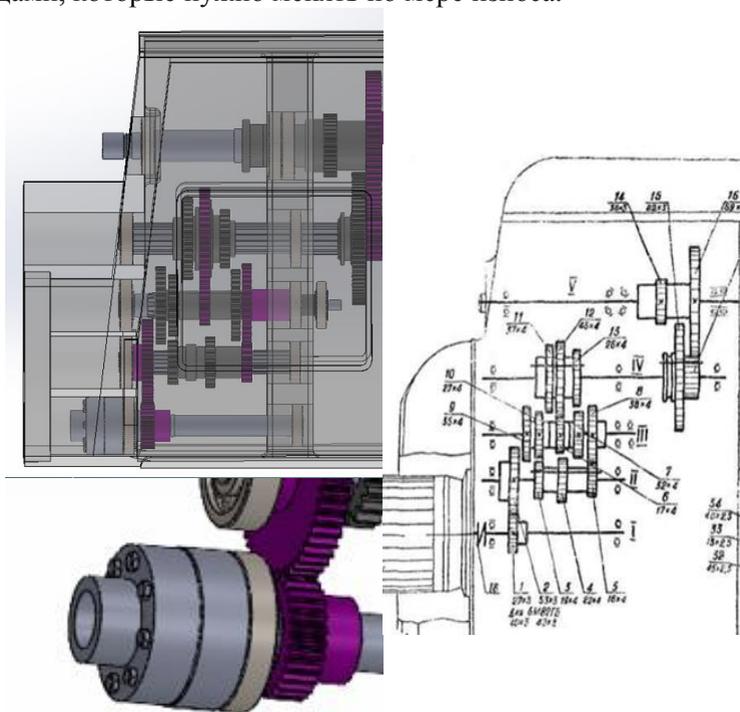
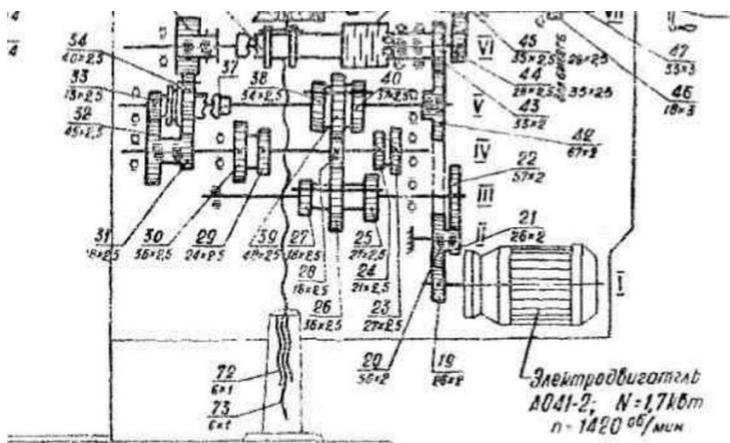


Рисунок 4 – Коробка скоростей

Коробка подач (рисунок 5) предназначена для изменения величины рабочих подач стола, салазок и консоли и сообщения этим узлам быстрых перемещений. При описании кинематической схемы было отмечено, что станки имеют 18 различных подач. Продольные и поперечные подачи одинаковы, в то время как вертикальные подачи в три раза меньше. Коробка подач представляет собой самостоятельный узел, смонтированный с левой стороны консоли, к которой она привертывается винтами и фиксируется двумя контрольными штифтами. К корпусу коробки подач прифланцована коробка переключения подач, имеющая в передней части лимб из пластмассы с обозначением величины подач и грибок для переключения.



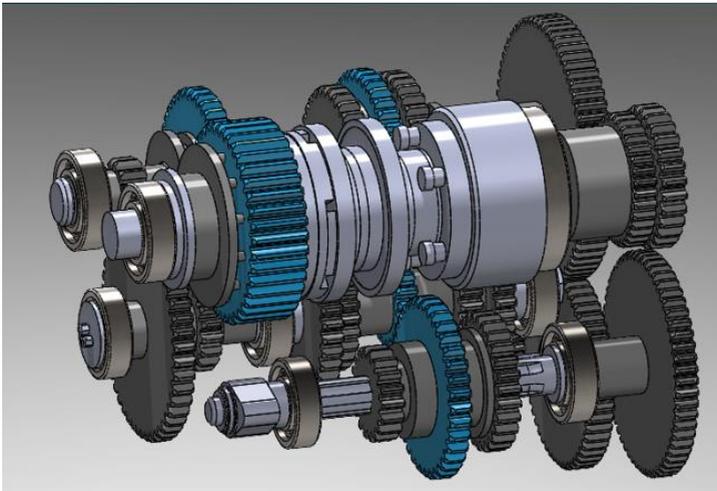
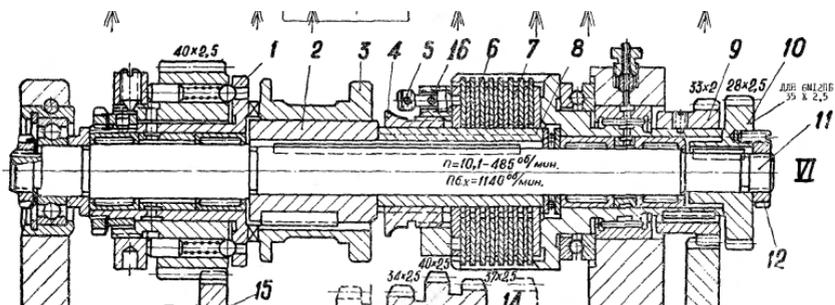


Рисунок 5 – Коробка передач

Получаемые в результате переключения восемнадцать различных скоростей зубчатого колеса 15 (рисунок 6) передаются на последний вал коробки передач через шариковую предохранительную муфту 1, кулачковую муфту рабочего хода 3 и втулку 2, жестко соединенную с кулачковой муфтой 3 и с валом 11. Кроме того, с валом 11 шпонкой связана втулка 8, передающая валу 11 при выключенной кулачковой муфте и включенной фрикционной муфте быстрое вращение.



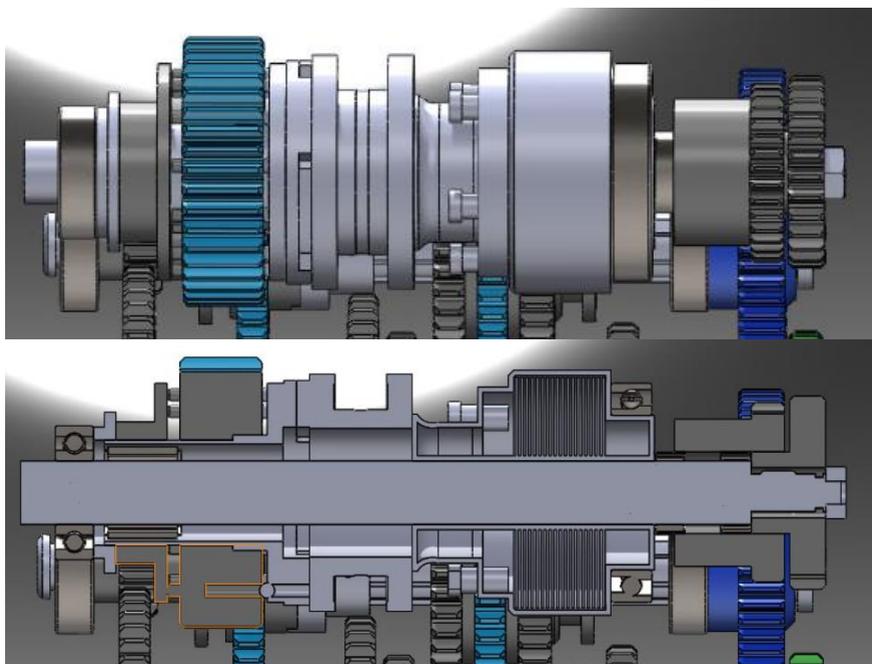


Рисунок 6 – Вал предохранительной и фрикционной муфт

Консоль (рисунок 7) является базовым узлом, объединяющим все остальные узлы цепи подачи и распределяющим движение на продольную, поперечную и вертикальную подачи. Консоль представляет собой чугунный корпус, имеющий развитые направляющие под станину профиля «ласточкина хвоста» и перпендикулярные к ним прямоугольные направляющие под салазки. Консоль несет на себе различные органы управления и устройства. Направление поворота рукоятки включения поперечной и вертикальной подач мнемонически связано с направлением движения салазок или консоли. Рукоятка имеет пять фиксированных положений: подача или быстрый ход консоли вверх; подача или быстрый ход консоли вниз; подача или быстрый ход салазок от себя; подача или быстрый ход салазок к себе; стоп поперечного и вертикального ходов.

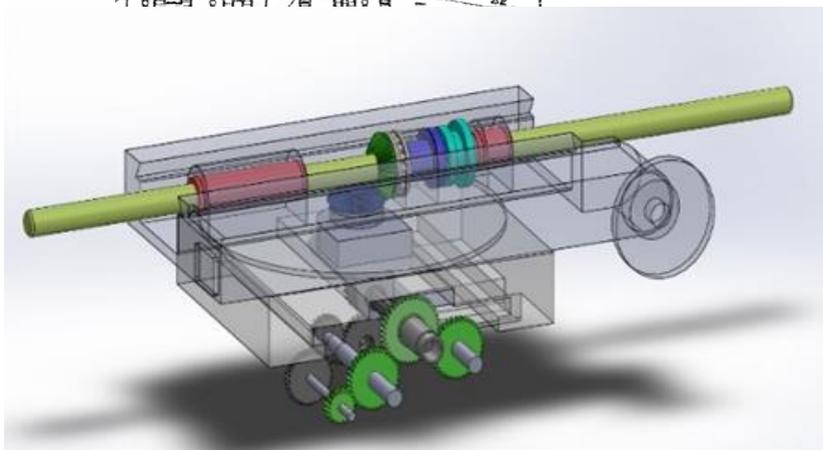
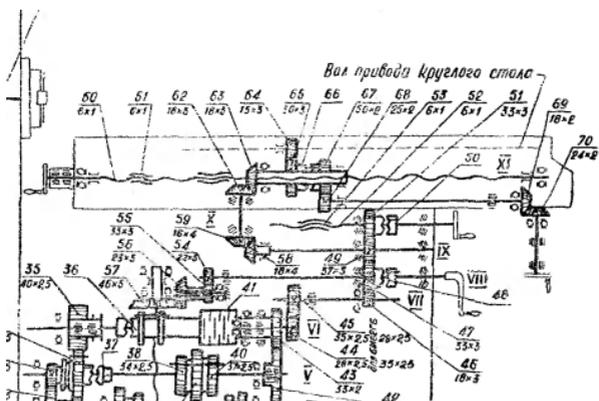


Рисунок 7 – Консоль

В консоли смонтирован ряд валов и зубчатых колес, передающих движение в трех направлениях: к винту поперечной, к винту продольной и к винту вертикальной подачи (рисунок 8). Зубчатое колесо 8 получает движение от зубчатого колеса коробки подачи и передает его на зубчатые колеса в передней части консоли. Зубчатое колесо 7 смонтировано на валу VII на игольчатом подшипнике и может передавать движение валу только через кулачковую муфту, связанную с валом шпонкой. Далее движение передается через пару цилиндрических и пару конических зубчатых колес на вертикальный ходовой винт.

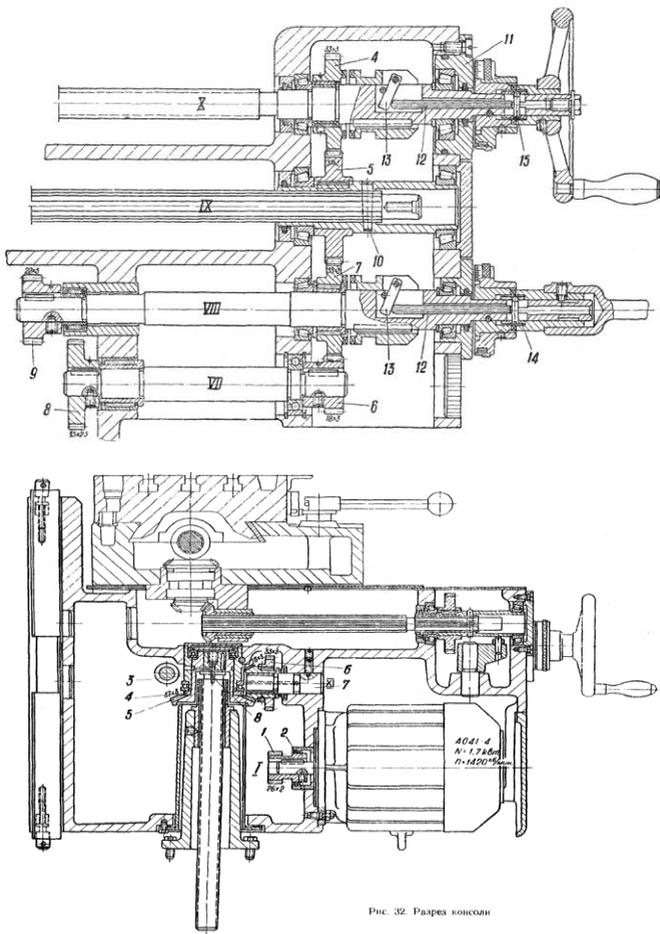


Рис. 32. Разрез консоли

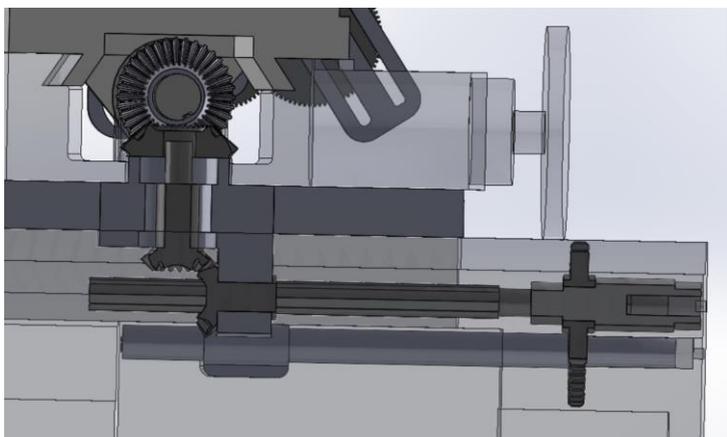


Рисунок 8 – Развертка и разрез консоли

На примере цепи главного движения можно показать, что 3D модель является кинематически активной, позволяет виртуально переключать передачи (переключаемые зубчатые колеса отмечены на рисунке 9). Используя данную модель, можно изучать кинематику, а также осуществлять настройку станка.

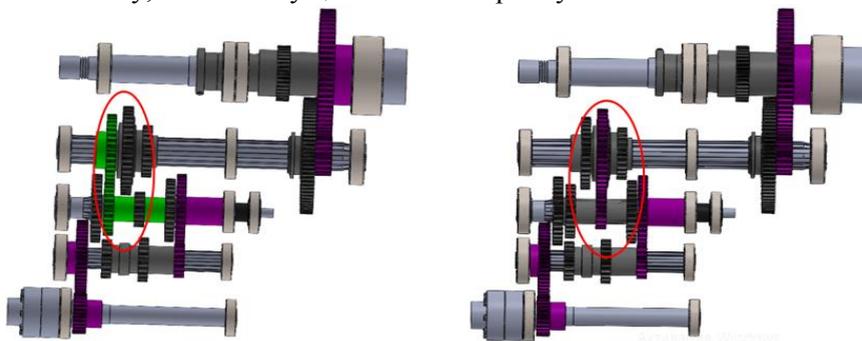


Рисунок 9 – Виртуальное переключение передач

Также была смоделирована УДГ (универсальная делительная головка), с точной передачей кинематики как на станке, для возможности осуществления нарезания стружечной канавки. Число и расположение отверстий на диске УДГ точно соответствует действительности, что обеспечивает реалистичную кинематику при виртуальной настройке (рисунок 10).

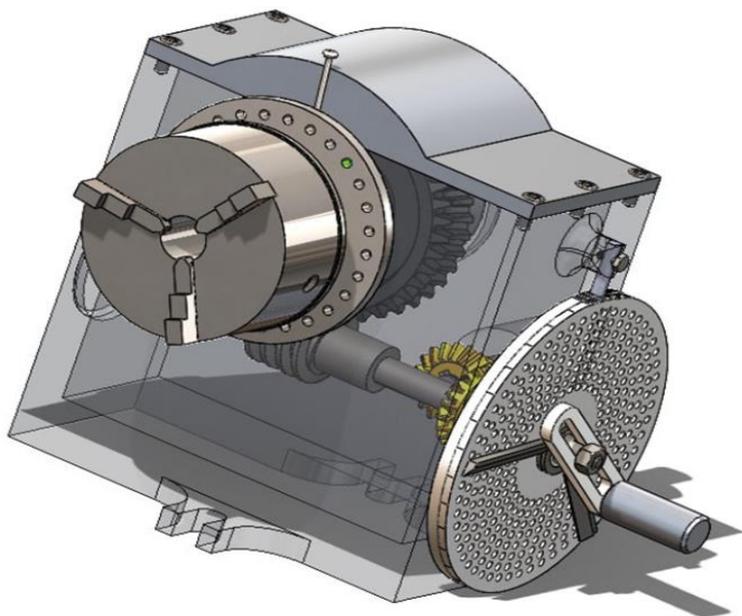


Рисунок 10 – Универсальная делительная головка

Все файлы сборок необходимо было объединить в единую конструкцию. Для этого были заданы все требуемые сопряжения, обеспечивающие реализацию всех движений станка. В частности, для создания подвижных деталей в составе сборки была применена функция "Сделать узел сборки гибким" (рисунок 11).

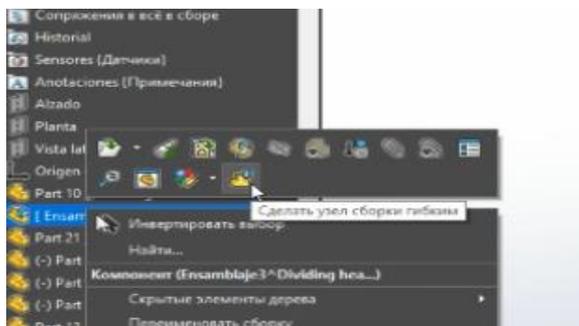


Рисунок 11 – Опции сборки станка

В результате была смоделирована полная 3D-модель станка 6M82 (рисунок 12), при этом полностью сохранена кинематика устройства. Вся модель обладает динамическими свойствами, что позволит осуществлять настройку и наладку станка. Виртуальная модель применяется при подготовке к лабораторным работам, а в дальнейшем предполагается ее использование в VR-технологиях.

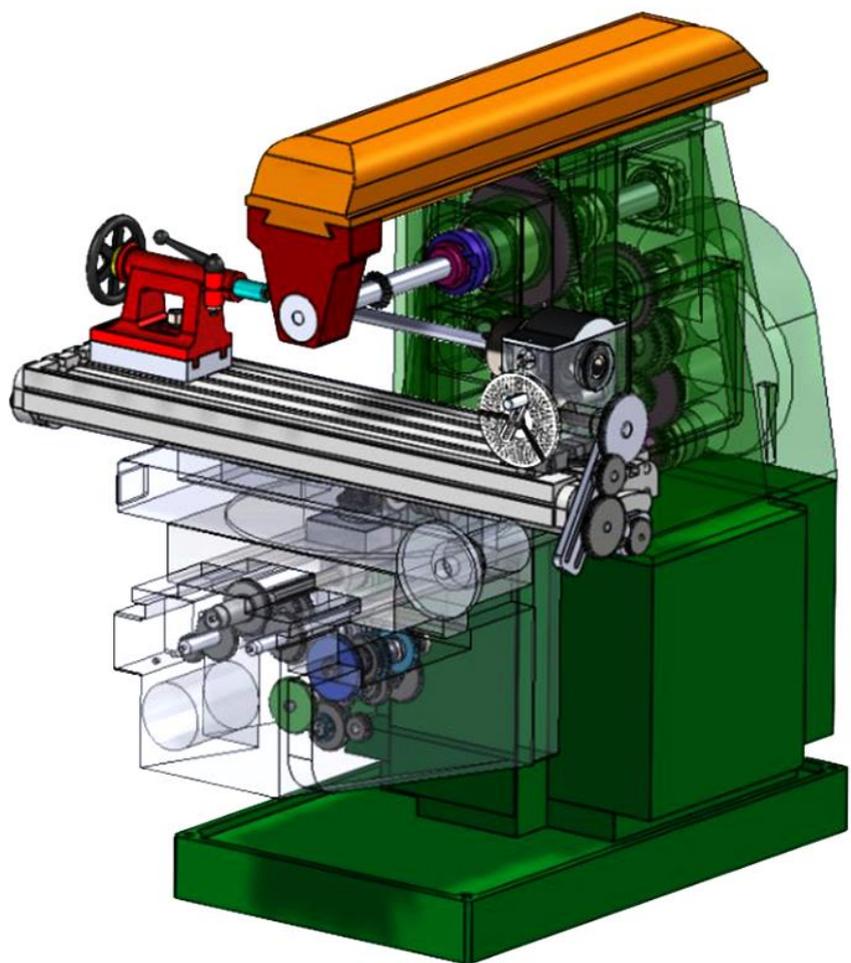


Рисунок 12 – Результат моделирования станка в целом