

## Процесс 3d моделирования пружины сжатия для почвообрабатывающего катка

*Прошкин В.Е., Богатский Р.В.*

**Аннотация.** В данной статье описывается процесс 3D моделирования пружины сжатия для конструкции волнового катка. Создание 3D моделей деталей конструкций является важной составляющей в изобретательстве, это помогает сэкономить много времени и материалах, которые уходят на создание опытных образцов. САПР (Системы Автоматизации Проектных Работ), такие как КОМПАС 3D, NanoCAD и другие, позволяют создать 3D модели деталей конструкций и помогают получить необходимые характеристики создаваемой детали или в целом всей конструкции. Создав 3D модель пружины сжатия при помощи программы КОМПАС 3D, позволяет определить ее физические характеристики, которые необходимы в последующей проектировке конструкции почвообрабатывающего катка. Данная пружина проектируется как деталь, которая позволит снизить ударную нагрузку катка на почву в зоне контакта с уплотнителем за счет её практически полного сжатия, следовательно, обеспечивая выполнение агротребований по плотности почвы. Нами спроектирована совершенно новая конструкция почвообрабатывающего катка, главной особенностью которого являются подпружиненные уплотнители позволяющие обеспечить качественное прикатывание почвы с формированием волнового рельефа на его поверхности. При этом проектирование пружин сжатия в Компасе 3D позволило определить её основные конструктивные параметры, такие как усилие сжатия, силу при рабочей деформации и т.д. Выявлено, что необходимо установить 4 пружины на уплотнитель катка, что позволит добиться необходимого уплотнения почвы.

**Ключевые слова:** почвообрабатывающий каток, проектирование, геометрические данные, физические характеристики, пружина сжатия, КОМПАС 3D.

**Для цитирования:** Прошкин В.Е., Богатский Р.В. Процесс 3d моделирования пружины сжатия для почвообрабатывающего катка // Инновационная техника и технология. 2022. Т. 9. № 4. С. 59–63.

## The process of 3d modeling of the compression spring for a tillage roller

*Proshkin V.E., Bogatsky R.V.*

**Abstract.** This article describes the process of 3D modeling of a compression spring for the design of a wave roller. Creating 3D models of structural parts is an important component in invention, it helps to save a lot of time and materials that go into creating prototypes. CAD (Design Automation Systems), such as COMPASS 3D, NanoCAD and others, allow you to create 3D models of structural parts and help to obtain the necessary characteristics of the created part or the whole structure. By creating a 3D model of the compression spring using the COMPASS 3D program, it allows you to determine its physical characteristics, which are necessary in the subsequent design of the structure of the tillage roller. This spring is designed as a part that will reduce the impact load of the roller on the soil in the contact zone with the seal due to its almost complete compression, therefore, ensuring the fulfillment of agricultural requirements for soil density. We have designed a completely new design of the tillage roller, the main feature of which are spring-loaded seals that allow for high-quality rolling of the soil with the formation of wave relief on its surface. At the same time, the design of compression springs in the Compass 3D made it possible to determine its main design parameters, such as compression force, force during working deformation, etc. It was revealed that it is necessary to install 4 springs on the roller sealer, which will allow to achieve the necessary soil compaction.

**Keywords:** tillage roller, design, geometric data, physical characteristics, compression spring, COMPASS 3D.

**For citation:** Proshkin V.E., Bogatsky R.V. The process of 3d modeling of the compression spring for a tillage roller. Innovative Machinery and Technology [Innovatsionnaya tekhnika i tekhnologiya]. 2022. Vol. 9. No. 4. pp. 59–63. (In Russ.).

## Введение

Создание 3D моделей деталей конструкций инженерных изобретений является важной составляющей в изобретательстве. Это позволяет сэкономить на разработке конструкции в металле и снижает денежные затраты [1]. Разработка современных машин с помощью современных технологий используется и в перерабатывающей промышленности [6]. Технологии совершенствования техники применяются и используются в машинах по уборке корнеклубнеплодов и подготовке к уборке [7-12].

3D модели можно исследовать с помощью программ FlowVision и SOLIDWORKS, смоделировать движение нового устройства и определить его основные конструктивные параметры.

Целью работы является проектирование модели пружины сжатия с помощью программы КОМПАС 3D, с определением ее основных параметров.

## Объекты и методы исследований

Выполнить проектирование 3D модели упругого элемента волнового катка с помощью программы КОМПАС 3D можно двумя способами:

- первый способ, это построение эскиза спирали с нужными данными, а после предание ей толщины;

- второй способ, это использование автоматического проектирования пружины в библиотеке “Механика”. Этот способ включает в себя больше информации о проектируемой пружине.

Благодаря использованию специализированного приложения в программе КОМПАС 3D можно получить информацию о проектируемой пружине, начиная от материала и заканчивая физическими характеристиками будущей детали.

## Результаты и их обсуждение

С помощью 3D проектирования можно увидеть конструктивные особенности разрабатываемой конструкции. При этом можно смоделировать движение, что позволит увидеть работу проектируемого катка, и благодаря этому снижается время, которое будет затрачено на разработку опытного образца.

Разработку конструкции начали в виде 3D модели, а в последующем изготовили в металле.

Для соединения вертикальных дисков, а также установки шпилек необходимы ребра. Для создания 3D детали ребра был использован эскиз квадрата с стороной 60 мм который выдавили на расстояние 1500 мм. Отверстия для установки шпилек сделаны через эскиз окружности диаметром 20 мм.

Шпильки, которые в последствии будут закреплены на ребрах с помощью самоконтращихся гаек, предназначены для крепления уплотнителя. 3D модель создана через эскиз окружности с диаметром 18 мм, и функция выдавливания на расстояние 72 мм. После была нарезана метрическая резьба с шагом 1,5 мм, для последующего навинчивания самоконтращихся гаек.

Самоконтращиеся гайки нужны для крепления шпилек к ребрам волнового катка. Модель была взята из библиотеки программы КОМПАС 3D с диаметром 18 мм с метрической резьбой шагом 1,5 мм.

Упругие элементы, выполненные в виде пружины сжатия, которые предназначены для обеспечения амортизационного действия, что не позволяет переуплотнять почву при воздействии на нее уплотнителей.

В процессе проектирования 3D модели пружины, нами был выбран второй способ. Для этого в программе КОМПАС 3D нужно открыть вкладку

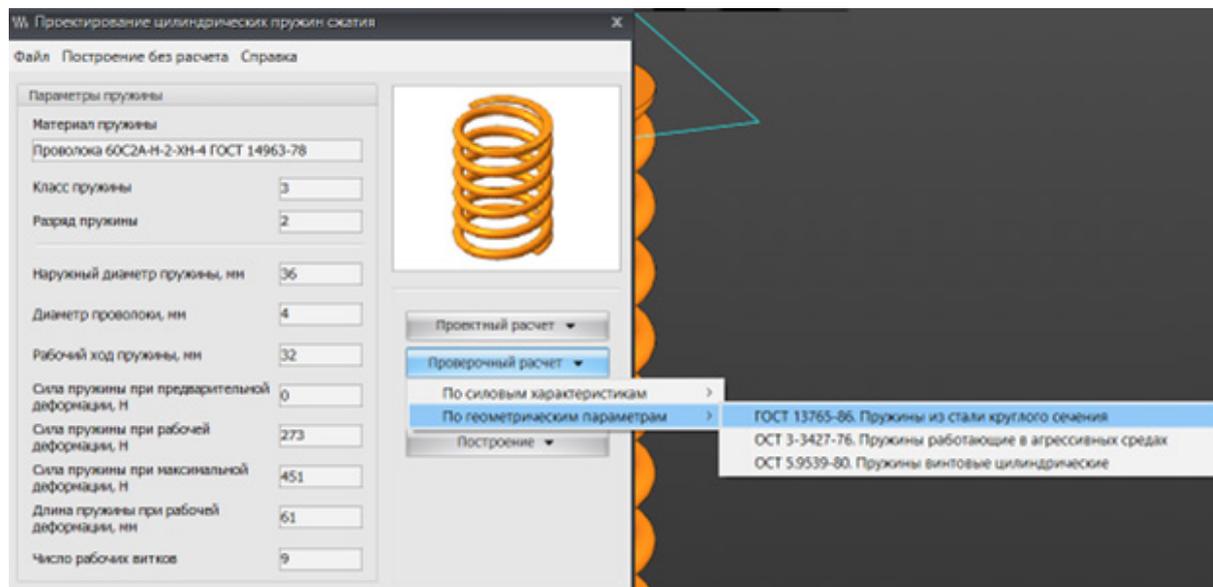


Рис. 1. Последовательность действий для расчета физических характеристик пружины

Проверочный расчет по геометрическим параметрам пружины сжатия ГОСТ 13765-86	
Наименование параметра	Значение
Материал пружины по ГОСТ: Проволока 60С2А-Н2-ХН-4 ГОСТ 14963-78	
Класс пружины	— 3
Разряд пружины	— 2
Относительный инерционный зазор	$\delta$ 0,39
Наружный диаметр пружины, мм	D1 36
Диаметр проволоки, мм	d 4
Число рабочих витков	n 9
Полное число витков	n1 10,5
Число поджатых витков с одной стороны	n2 0,75
Число обработанных витков с одной стороны	n3 0,75
Сила пружины при предварительной деформации, Н	F1 -
Сила пружины при рабочей деформации, Н	F2 273
Сила пружины при максимальной деформации, Н	F3 451
Рабочий ход пружины, мм	h 32
Длина пружины в свободном состоянии, мм	L0 93
Длина пружины при предварительной деформации, мм	L1 -
Длина пружины при рабочей деформации, мм	L2 61
Длина пружины при максимальной деформации, мм	L3 40
Максимальное касательное напряжение, МПа	$\tau_3$ 600
Допускаемое касательное напряжения, МПа	$[\tau]$ 1350
Модуль сдвига, МПа	G 78500
Плотность материала, г/см <sup>3</sup>	$\rho$ 8000
Масса, г	m 0,103
Длина развернутой пружины, мм	L 1076
Жесткость пружины, Н/мм	c 8,518
Наибольшая скорость перемещения подвижного конца пружины при нагружении или разгрузке, м/с	v0 -
Критическая скорость, м/с	Vк 7,48
Объем, см <sup>3</sup>	V 94614,5
Шаг пружины, мм	t 9,889

Рис. 2. таблица с геометрическими данными и полученными физическими характеристиками пружины сжатия

«приложения», далее выбрать раздел «механика», после, «механика пружины» и выбрать «пружины сжатия» [2]. Во вкладке «проверочный расчет» выбираем пункт «по геометрическим параметрам» и далее, «пружины из стали круглого сечения» (рисунок 1).

Подставляем геометрические данные нашей создаваемой пружины и рассчитываем её физические характеристики (рисунок 2) [3].

В итоге проделанной работы у нас получается готовая 3D модель пружины.

Уплотнители (рисунок 3), предназначены непосредственно для формирования волнового рельефа почвы. Для создания 3D детали был использован эскиз окружности радиусом 180 мм с функцией выдавливания на расстояние 1500 мм. После, с помощью эскиза прямоугольника с функцией вырезания, детали была придана форма сегмента в профильном сечении.

Вертикальные диски с установленными на них ребрами служат каркасом пустотелого цилиндра конструкции. 3D модель вертикальных дисков создаем через эскиз окружности с диаметром 600 мм и выдавливаем на расстояние 8 мм. По образующей пустотелого цилиндра катка установлены пластины, выполненные с помощью эскиза прямоугольника высотой 125 мм и шириной 1500 мм, и

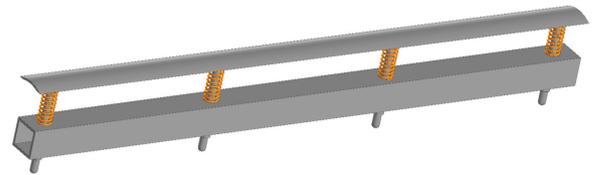


Рис. 3. Уплотнители

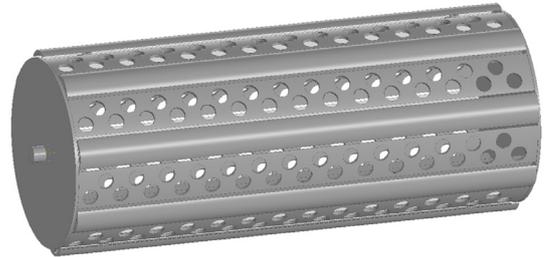


Рис. 4. 3D модель волнового катка

выдавленного на расстояние 3 мм, через массив по концентрической сетке на 8 штук.

Также на пластинах, установленных по образующей пустотелого цилиндра, выполняем отверстия одинакового диаметра, которые равны максимально допустимому агротехническими требованиями размеру комка почвы (50 мм). Причем, расстояние между отверстиями также равно максимально допустимому агротехническими требованиями размеру комка почвы для обеспечения требуемого качества уплотнения почвы и разрушения почвенных комков.

После проектирования отдельных деталей, производим сборку данных деталей в единую 3D модель волнового катка (рисунок 4).

## Выводы

В результате проведенной работы было выполнено проектирование разработанной конструкции почвообрабатывающего катка в программе КОМПАС 3D, что позволило определить основные конструктивные особенности. Применение катка позволит обеспечить выполнение агротребований и формирование волнового рельефа почвы, за счет подпружиненных выступов, и в следствии вибрации которых, обеспечивается разрушение почвенных комков и распределение фракций по объему в результате уплотняя почву.

Выполнен анализ пружины сжатия с определением ее основных конструкционных особенностей, с определением усилия сжатия, которое составляет 27 кг. При проектировании катка было выявлено, что его масса составляет 120 кг. Для того чтобы уменьшить ударную нагрузку на почву катком, на уплотнитель было установлено 4 разработанных пружины.

## Литература

- [1] Ахмадеева М.М. Обоснование Энергетических и экономических показателей комбинированного почвообрабатывающего агрегата / Г.С. Юнусов, М.М. Ахмадеева, А.Р. Валиев и др. // Вестник Казанского ГАУ. 2016. №3(41). С. 71 - 77.
- [2] Большаков В.П. Создание трехмерных моделей и конструкторской документации в системе КОМПАС-3D. Практикум – 2010. С. 70.
- [3] Головкина В.Б. Применение системы трехмерного геометрического моделирования КОМПАС-3D для решения задач по начертательной геометрии /., Чиченева О.Н., Свирин В.В., Дохновская И.В. – 2008. С. 10 - 55.
- [4] Прошкин В.Е. Классификация прикатывающих почву катков и их назначение / В.Е. Прошкин, Е.Н. Прошкин, М.А. Калашников, С.В. Букин // Материалы XII Международной научно-практической конференции, посвященной 160-летию со дня рождения П.А. Столыпина «Аграрная наука и образование на современном этапе развития: опыт, проблемы и пути их решения». Ульяновск, 2022. С. 458-461.
- [5] Иовлев Г.А. Использование сельскохозяйственной техники при внедрении инновационных технологий в растениеводстве / Г.А. Иовлев // Аграрный вестник Урала. 2016. № 5 (147). С. 66–73.
- [6] Дипломное проектирование по механизации переработки сельскохозяйственной продукции /А.А. Курочкин, И.А. Спицын, В.М. Зимняков и др. Под ред. А.А. Курочкина. М.: КолосС, 2006. – 424 с. EDN: RCJTDT.
- [7] Фролов Д. И., Курочкин А. А., Шабурова Г. В. Определение оптимальных параметров ботвоудаляющей машины на посевах лука // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2015. № 1 (29). С. 120-126. EDN:UCTCXX.
- [8] Фролов Д.И., Курочкин А.А., Шабурова Г.В. Моделирование процесса удаления ботвы лука рабочим органом ботвоудаляющей машины // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2014. № 3. С. 29-33. EDN: SFOUHZ.
- [9] Фролов Д.И., Курочкин А.А., Шабурова Г.В. Обоснование оптимальной частоты вращения рабочего органа ботвоудаляющей машины // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2013. № 3. С. 18-23. EDN: QJCHJV.
- [10] Анализ процесса движения воздуха внутри кожуха ботвоудаляющего рабочего органа с обоснованием оптимального угла наклона ножей / Д.И. Фролов, А.А. Курочкин, Г.В. Шабурова, Д.Е. Каширин // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2015. № 4 (28). С. 67-72. EDN: VOIRLD.
- [11] Фролов, Д. И. Анализ работы ботвоудаляющего рабочего органа с оптимизацией воздушного потока

## References

- [1] Akhmadeeva M.M. Obosnovanie Energeticheskikh i ekonomicheskikh pokazatelei kombinirovannogo pochvoobrabatyvayushchego agregata / G.S. Yunusov, M.M. Akhmadeeva, A.R. Valiev i dr. // Vestnik Kazanskogo GAU. 2016. No 3(41). pp. 71 - 77.
- [2] Bol'shakov V.P. Sozdanie trekhmernykh modelei i konstruktorskoj dokumentatsii v sisteme KOMPAS-3D. Praktikum – 2010. pp. 70.
- [3] Golovkina V.B. Primenenie sistemy trekhmernogo geometricheskogo modelirovaniya KOMPAS-3D dlya resheniya zadach po nachertatel'noi geometrii /., Chicheneva O.N., Svirin V.V., Dokhnovskaya I.V. – 2008. pp. 10 - 55.
- [4] Innovatsionnye idei molodykh issledovatelei dlya agropromyshlennogo kompleksa Rossii. T. II [Elektronnyi resurs] : sb. materialov Vseros. nauch.-prakt. konferentsii studentov, aspirantov i molodykh uchenykh, 12 – 13 marta 2015 g. / red.: A.V. Chupshev .— Penza : RIO PGSKhA, 2015 .— 239 p. — Rezhim dostupa: <https://rucont.ru/efd/304667>
- [5] Iovlev G.A. Ispol'zovanie sel'skokhozyaistvennoi tekhniki pri vnedrenii innovatsionnykh tekhnologii v rastenievodstve / G.A. Iovlev // Agrarnyi vestnik Urala. 2016. No 5 (147). pp. 66-73.
- [6] Diplomnoe proektirovanie po mehanizatsii pererabotki sel'skhozajajstvennoj produkcii /A.A. Kurochkin, I.A. Spicyn, V.M. Zimnjakov i dr. Pod red. A.A. Kurochkina. M.: KolosS, 2006. – 424 p. EDN: RCJTDT.
- [7] Frolov D. I., Kurochkin A. A., Shaburova G. V. Opredelenie optimal'nykh parametrov botvoudalyayushchei mashiny na posevakh luka (Determination of the optimal parameters haulm removing machine for sowing onion), Vestnik Ul'yansovskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii, 2015, No. 1 (29), pp. 120-126. EDN: UCTCXX.
- [8] Frolov D.I., Kurochkin A.A., Shaburova G.V. Modeling the process of removing onion tops by the working body of the topping machine // Bulletin of the Samara State Agricultural Academy. 2014. No. 3. pp. 29-33. EDN: SFOUHZ.
- [9] Frolov D.I., Kurochkin A.A., Shaburova G.V. Substantiation of the optimal rotational speed of the working body of the topping machine // Bulletin of the Samara State Agricultural Academy. 2013. No. 3. pp. 18-23. EDN: QJCHJV.
- [10] Analysis of the process of air movement inside the casing of the topping working body with justification of the optimal angle of inclination of the knives / D.I. Frolov, A.A. Kurochkin, G.V. Shaburova, D.E. Kashirin // Bulletin of the Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostycheva. 2015. No. 4 (28). pp. 67-72. EDN: VOIRLD.
- [11] Frolov, D. I. Analysis of the work of the haulm-removing working body with optimization of the air flow inside the casing / D. I. Frolov // Innovative technique and technology. - 2014. - No. 4(1). - pp. 30-35. – EDN TKIWUZ.

- внутри кожуха / Д. И. Фролов // Инновационная техника и технология. – 2014. – № 4(1). – С. 30-35. – EDN TKIWUZ.
- [12] Ларюшин, А. М. Совершенствование технологии уборки лука / А. М. Ларюшин, Н. П. Ларюшин, Д. И. Фролов // Труды Международного Форума по проблемам науки, техники и образования : В 2-х томах, Москва, 04–07 декабря 2007 года / под редакцией В. В. Вишневого. – Москва: Академия наук о Земле, 2007. – С. 17-18. – EDN UGAVCZ.
- [12] Laryushin, A. M. Improving the technology of onion harvesting / A. M. Laryushin, N. P. Laryushin, D. I. Frolov // Proceedings of the International Forum on Problems of Science, Technology and Education: In 2 volumes, Moscow, 04 -December 07, 2007 / edited by V. V. Vishnevsky. - Moscow: Academy of Sciences of the Earth, 2007. - P. 17-18. – EDN UGAVCZ.

**Сведения об авторах**

**Information about the authors**

<p><b>Прошкин Вячеслав Евгеньевич</b> кандидат технических наук доцент кафедры «Агротехнологии, машины и безопасность жизнедеятельности» ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный аграрный университет имени П.А. Столыпина» 432017, Ульяновская область, г. Ульяновск, бульвар Новый Венец, 1 <b>Тел.:</b> +7(8927) 987-10-88 <b>E-mail:</b> bgdie@yandex.ru</p>	<p><b>Proshkin Vyacheslav Evgenievich</b> PhD in Technical Sciences associate professor at the department of «Agrotechnologies, machines and life safety» Ulyanovsk State Agrarian University named after P.A. Stolypin <b>Phone:</b> +7(8927) 987-10-88 <b>E-mail:</b> bgdie@yandex.ru</p>
<p><b>Богатский Роман Владимирович</b> студент кафедры Агротехнологии, машины и безопасность жизнедеятельности Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ульяновский государственный аграрный университет имени П.А. Столыпина» 432017, Ульяновская область, г. Ульяновск, бульвар Новый Венец, 1 <b>Тел.:</b> 8 991-196-7961 <b>E-mail:</b> gerald7337@yandex.ru</p>	<p><b>Bogatsky Roman Vladimirovich</b> student of the department «Agrotechnologies, machines and life safety» Ulyanovsk State Agrarian University named after P.A. Stolypin <b>Phone:</b> 8 991-196-7961 <b>E-mail:</b> gerald7337@yandex.ru</p>