

УДК 004.9

Черник Кристина Николаевна, аспирант (СибГУ им. М.Ф. Решетнева, г. Красноярск)

Черник Денис Владимирович (доцент, к.т.н., СибГУ им. М.Ф. Решетнева, г. Красноярск)

Авдеева Елена Владимировна (доцент, д.с.-х.н, СибГУ им. М.Ф. Решетнева, г. Красноярск)

Kristina N. Chernik, postgraduate (Reshetnev University, Krasnoyarsk)

Denis V. Chernik, Docent, Candidate of Engineering Sciences (Reshetnev University, Krasnoyarsk)

Elena V. Avdeeva, Docent, Doctor of Agricultural Sciences (Reshetnev University, Krasnoyarsk)

## **ПРИМЕНЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ СИСТЕМ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПРИ РАЗРАБОТКЕ МОДУЛЬНОЙ ТЕПЛИЦЫ**

### **APPLICATION OF MODERN CAD SYSTEMS IN THE DEVELOPMENT OF A MODULAR GREENHOUSE**

*В статье приведено описание этапов моделирования каркаса теплицы для выращивания сеянцев в закрытой корневой системе в отечественной системе автоматизированного проектирования КОМПАС 3D. Проведен прочностной анализ трёхмерной модели каркаса теплицы для выращивания сеянцев с закрытой корневой системой в специализированной программе SOLIDWORKS, основанной на методе конечных элементов.*

*The article describes the stages of modeling the frame of a greenhouse for growing seedlings in a closed root system in the domestic computer-aided design system KOMPAS 3D. A strength analysis of a three-dimensional model of a greenhouse frame for growing seedlings with a closed root system was carried out in a specialized SOLIDWORKS program based on the finite element method.*

На сегодняшний день для решения конструкторских задач с последующим формированием конструкторской документации применяются современные средства автоматизированного проектирования (САПР) [1]. Одной из таких САПР является программа «КОМПАС 3D», российская импортонезависимая система трехмерного проектирования, ставшая стандартом для тысяч предприятий и сотен тысяч профессиональных пользователей.

КОМПАС-3D широко используется для проектирования изделий основного и вспомогательного производств в таких отраслях промышленно-

сти, как машиностроение (транспортное, сельскохозяйственное, энергетическое, нефтегазовое, химическое и т.д.), приборостроение, авиастроение, судостроение, станкостроение, вагоностроение, металлургия, промышленное и гражданское строительство, товары народного потребления и т. д. [2].

В настоящее время многие промышленные теплицы имеют арочную форму и активно используются для выращивания растений для лесовосстановления. Теплица состоит из следующих основных элементов конструкции: фундамент, несущая конструкция (стены, стойки) и кровля [3].

Моделирование каркаса теплицы в программе КОМПАС 3D осуществлялось в несколько этапов:

- 1) создание эскизов арок торцевых и рядовых конструкций теплицы во фрагменте программы;
- 2) разработка 3D моделей элементов конструкции арок торцевых и рядовых конструкций теплицы на основе эскизов;
- 3) моделирование продольных связей теплицы;
- 4) разработка 3D моделей форточек;
- 5) моделирование ворот;
- 6) сборка теплицы.

Создание эскизов арок торцевых и рядовых конструкций теплицы во фрагменте программы осуществлялось на основе предварительных расчётов параметров теплицы для выполнения поставленных задач по выращиванию семян с закрытой корневой системой.

Разработка 3D моделей элементов конструкции арок торцевых и рядовых конструкций теплицы осуществлялось на основе ранее созданных эскизов с использованием операций твердотельного моделирования, далее арки собирались в сборочные единицы (рис. 1).

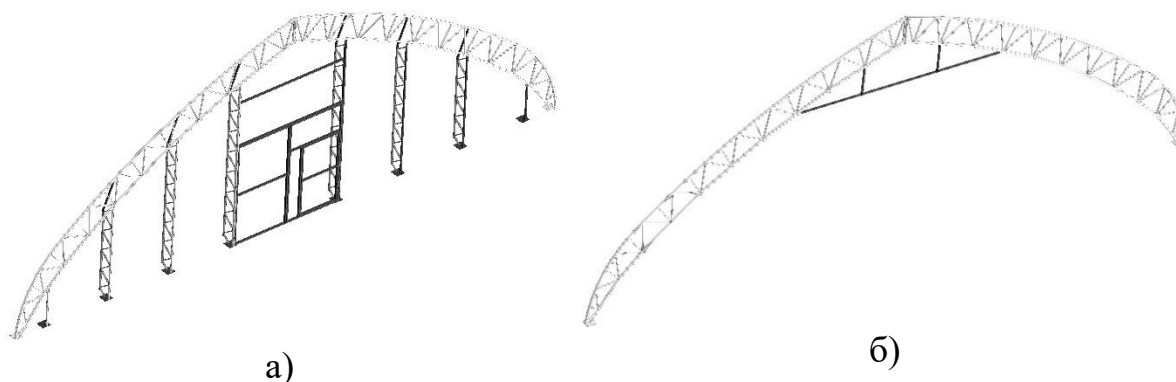


Рис. 1. 3D модели арок теплицы для выращивания семян в ЗКС:  
а) торцевых конструкций; б) рядовых конструкций

Моделирование продольных связей теплицы выполнено с помощью операции выдавливания. В сечении тела задан эскиз профиля согласно типовым размерам по ГОСТ 30245-2003. Проушина моделировалась аналогичным образом, далее создавалась сборочная единица связи. Остальные

елементи конструкції теплиці моделювались по вищеописанному принципу (рис. 2).

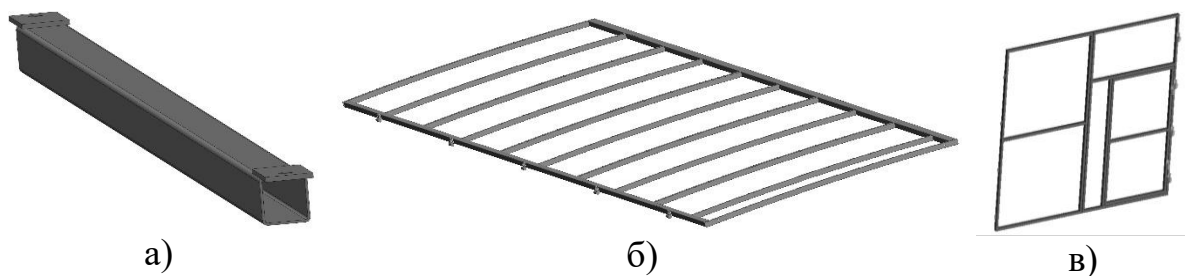


Рис. 2. Трехмерные модели элементов конструкции теплицы:  
а) продольная связь; б) форточка; в) ворота

Сборка теплицы осуществлялась с помощью инструментов раздела «Размещение компонентов», в частности инструментами: «Совпадение», «Соосность», «На расстоянии». В результате сборки получена 3D модель теплицы, разработанной для выращивания сеянцев в закрытой корневой системе (рис. 3).

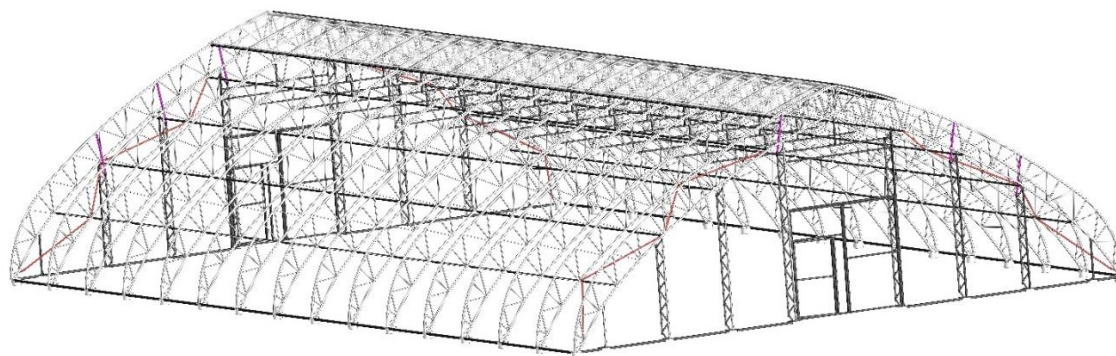


Рис. 3. Модель теплицы для выращивания сеянцев в ЗКС

Полученные 3D модели использовались для формирования конструкторской документации с применением известных приемов создания ассоциативных чертежей по твердотельным моделям деталей и сборочных единиц.

SOLIDWORKS представляет собой параметрическую систему создания моделей твердых тел, состоящих из элементов. SOLIDWORKS Simulation - приложение к SOLIDWORKS, предназначенное для решения задач механики деформируемого твердого тела методом конечных элементов. Программа использует геометрическую модель детали или сборки SOLIDWORKS для формирования расчетной модели [4].

Модель каркаса теплицы из программы КОМПАС 3D была импортирована в SOLIDWORKS через файл разрешения SAT - 3D-модель, сохраненная в формате геометрического моделирования ACIS [5].

Прочностной анализ нагрузок и напряжений в элементах конструкции теплицы для выращивания сеянцев с закрытой корневой системой под действием внешних и нагрузок, и собственного веса в SOLIDWORKS осуществляется в следующей последовательности [6]:

1) создание статического исследования (рис. 4);

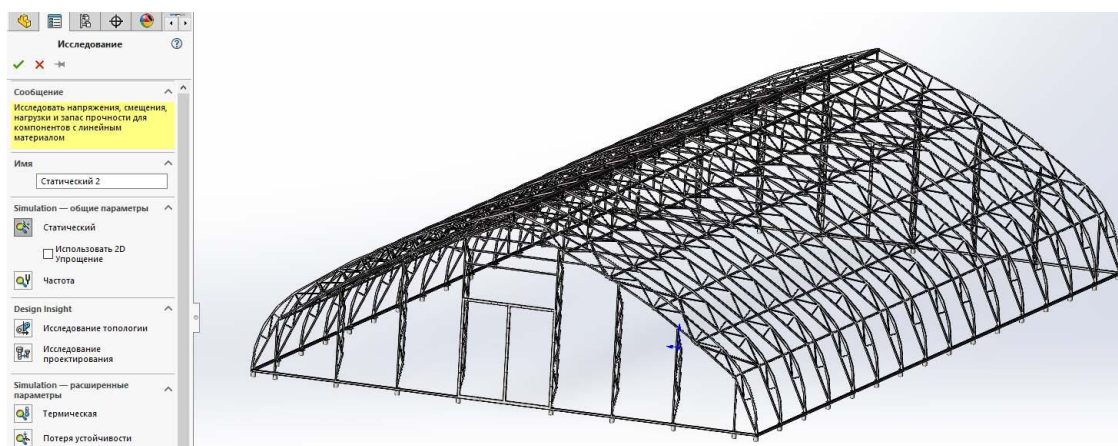


Рис.4 – Создание статического исследования

2) задание материала элементов модели теплицы с помощью инструментов редактирования материала (рис.5);

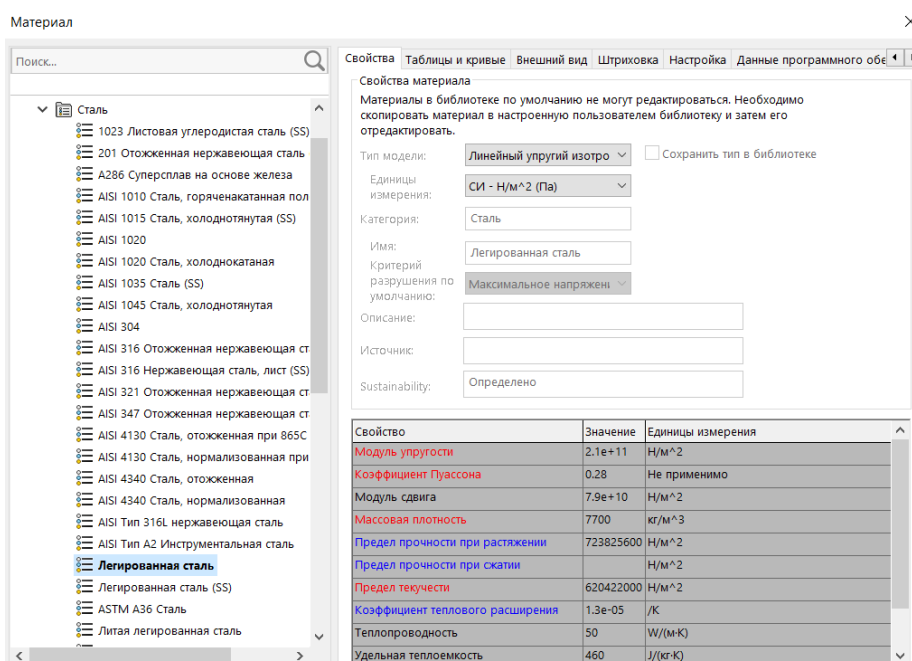


Рис. 5 – Задание материала элементов исследуемой модели

3) наложение внешних связей, ограничивающих перемещение модели элементов конструкции теплицы в пространстве (рис. 6);



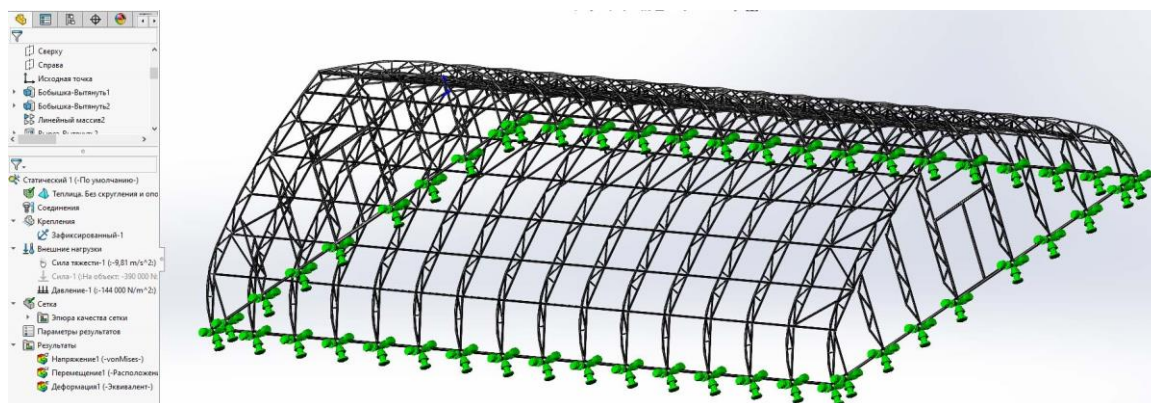


Рис. 6 – Наложение внешних связей на исследуемую модель

4) наложение внешних нагрузок и силы тяжести на элементы модели теплицы согласно расчетам на снеговую и ветровую нагрузки (рис. 7);

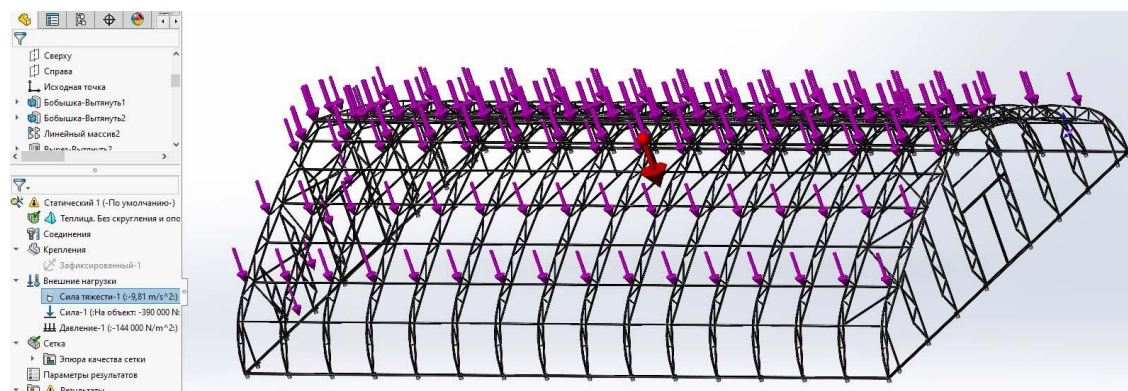


Рис. 7 – Наложение внешних нагрузок и силы тяжести на исследуемую модель

5) создание сетки модели (рис. 8);

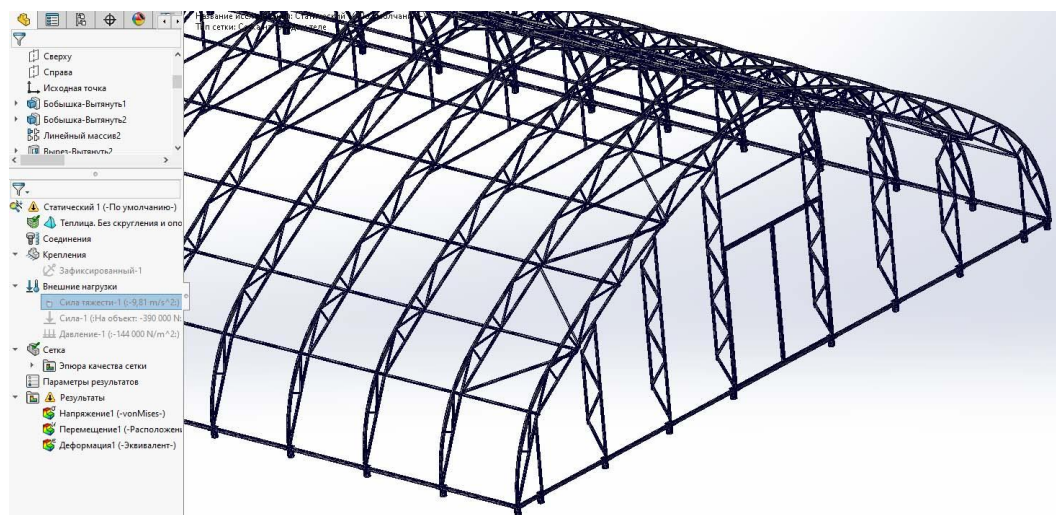


Рис. 8 – Создание сетки исследуемой модели

6) запуск анализа исследования;

7) оценка прочности исследуемой модели на основе полученных результатов в виде цветных эпюр (рис. 9);

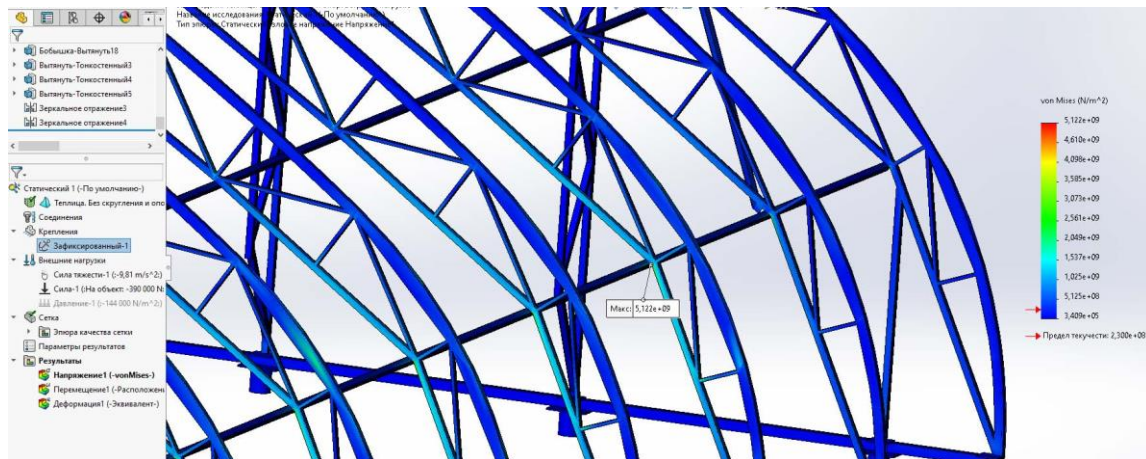


Рис. 9 – Эпюры напряжений исследуемой модели

8) в случае превышения допустимых напряжений в элементах исследуемой конструкции провести оптимизацию геометрии модели арки. Провести анализ полученных результатов в соответствии с пунктами 1-7 данного алгоритма.

Максимальные напряжения, возникающие на каркасе теплицы под приложенной нагрузкой равны 5122 МПа, что в 20 раз превышает допустимые напряжения (250 МПа). Пятно максимальной концентрации напряжений находится на сгибе внутреннего пояса с боковой стороны седьмой арки. Это объясняется тем, что арки, расположенные ближе к середине конструкции теплицы, испытывают наибольшие напряжения, так как не имеют дополнительных опор внутри конструкции. Необходимо провести мероприятия по оптимизации конструкции, которые позволят улучшить прочностные характеристики каркаса теплицы и выполнить повторный анализ.

Проект «Разработка импортозамещающего комплекса оборудования точного высева семян для выращивания сеянцев с закрытой корневой системой, оптимизация параметров модульной теплицы для условий лесничеств Красноярского края», № 2022030508374 поддержан Красноярским краевым фондом науки.

### Список литературы

1. Черник, К. Н. Трехмерное моделирование деталей элементов конструкции манипулятора в t-Flex CAD / К. Н. Черник, Д. В. Черник // 3D технологии в решении научно-практических задач : Сборник статей Всероссийской научно-практической конференции, Красноярск, 19 мая 2021 года. – Красноярск: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева", 2021. – С. 124-127.

2. Знакомство с КОМПАС 3D / [Электронный ресурс] // КОМПАС-3D: О программе. — URL: <https://kompas.ru/kompas-3d/about/#about> (дата обращения: 04.08.2022).

3. Войтюк, М. М., Сураева, Е. А., Горячева, А. В. Справочник актуализированных методических материалов по технологическому проектированию парников, теплиц, тепличных комбинатов и селекционных комплексов/ М. М. Войтюк, Е. А. Сураева, А. В. Горячева — . — Москва: ФГБНУ «Росинформагротех», 2017 — 212 с.

4. Алямовский, А. А. SOLIDWORKS Simulation и FloEFD. Практика, методология, идеология / А. А. Алямовский. — Москва : ДМК Пресс, 2018. — 658 с. — ISBN 978-5-97060-646-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/131715> (дата обращения: 23.05.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

5. Лахов, А. Я. Транслятор геометрических моделей геодезических оболочек ARCHICAD - SAT формат / А. Я. Лахов, В. А. Свирежев // Труды научной конференции 16-го Российского архитектурно-строительного форума : Доклады секций семинара, Нижний Новгород, 15–18 мая 2018 года. — Нижний Новгород: Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, 2018. — С. 7-10.

6. Черник, Д. В. Прочностной анализ технологического оборудования лесозаготовительной машины в программе SOLIDWORKS / Д. В. Черник, З. Л. Еске // Хвойные бореальной зоны. — 2019. — Т. 37. — № 1. — С. 79-83.