

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. Решет-
нева, г. Красноярск)

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

Denis V. Chernik, Docent, Candidate of Engineering Sciences (Reshetnev Uni-
versity, Krasnoyarsk)

Elena V. Avdeeva, Docent, Doctor of Agricultural Sciences (Reshetnev Univer-
sity, Krasnoyarsk)

ПРИМЕНЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ СИСТЕМ АВТОМАТИЗИРОВАН- НОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПРИ РАЗРАБОТКЕ МОДУЛЬНОЙ ТЕПЛИЦЫ

APPLICATION OF MODERN CAD SYSTEMS IN THE DEVELOP- MENT 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-3Д 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].

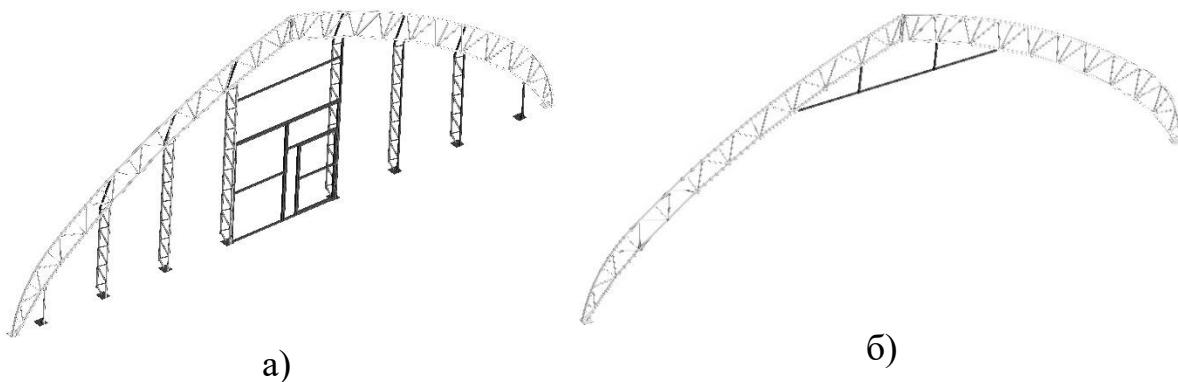
В настоящее время многие промышленные теплицы имеют арочную форму и активно используются для выращивания растений для лесовосстановления. Теплица состоит из следующих основных элементов конструкции: фундамент, несущая конструкция (стены, стойки) и кровля [3].

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 сеянцев 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 сеянцев 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

элементы конструкции теплицы моделировались по вышеописанному принципу (рис. 2).

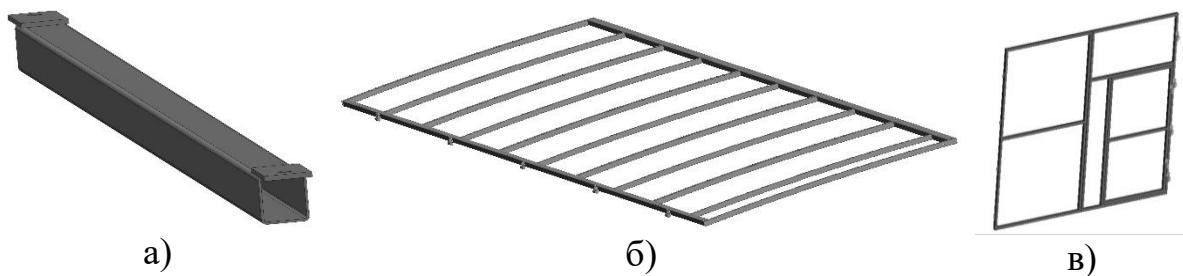


Рис. 2. Трехмерные модели элементов конструкции теплицы:
а) продольная связь; б) форточка; в) ворота

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).

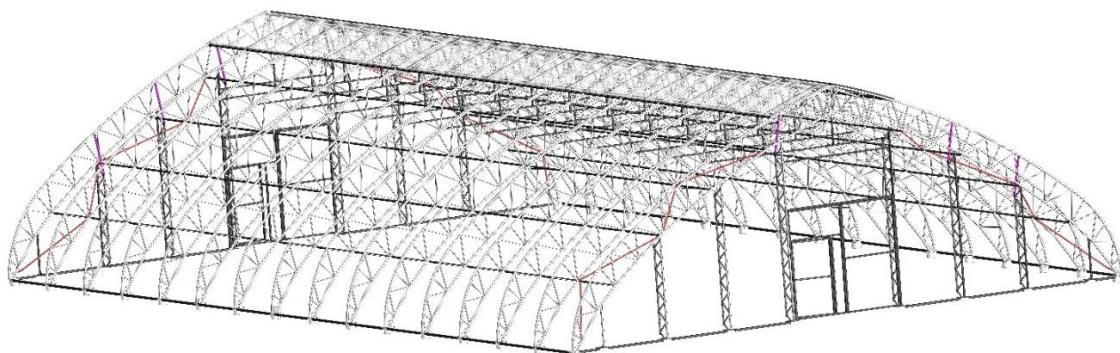


Рис. 3. Модель теплицы для выращивания сеянцев в ЗКС

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);

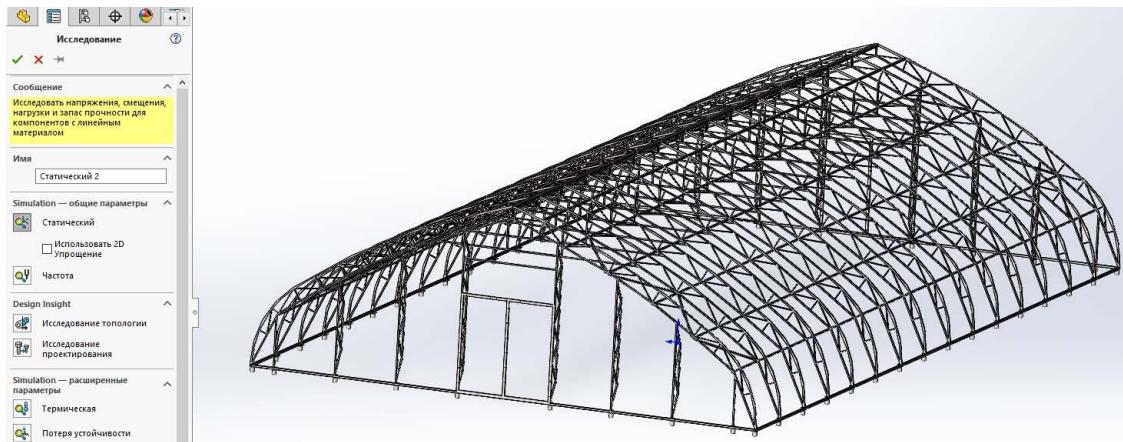


Рис. 4 – Создание статического исследования

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

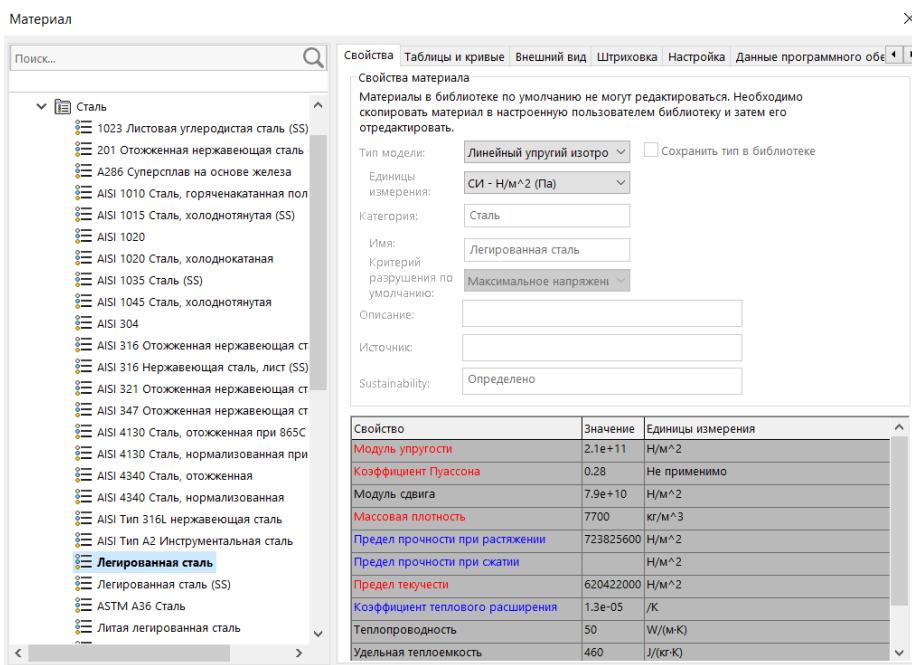


Рис. 5 – Задание материала элементов исследуемой модели

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

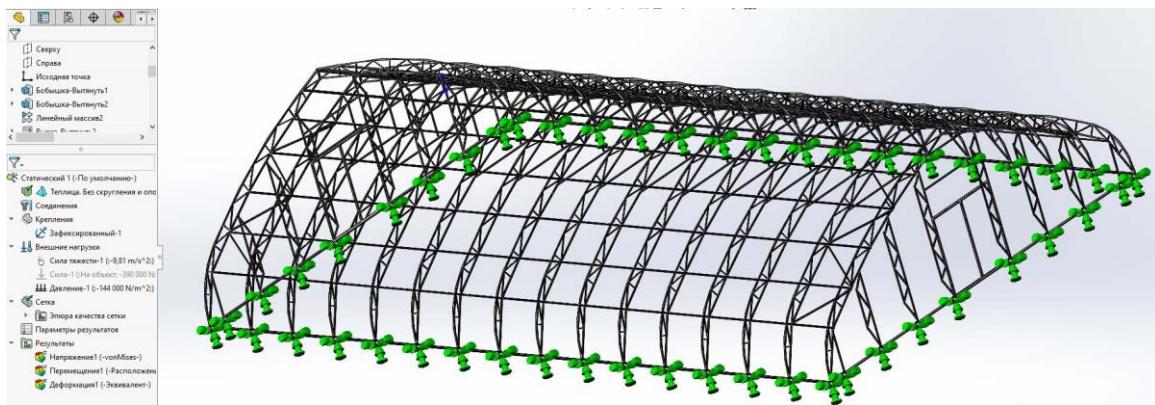


Рис. 6 – Наложение внешних связей на исследуемую модель

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

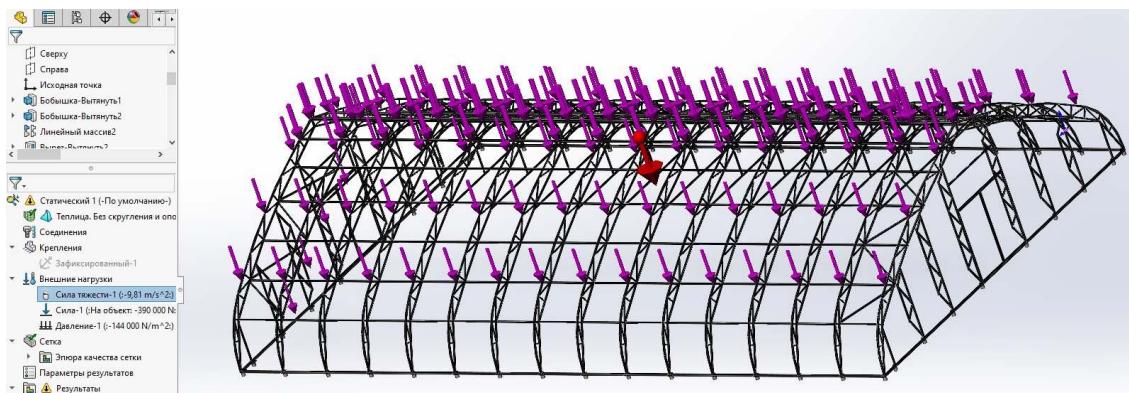


Рис. 7 – Наложение внешних нагрузок и силы тяжести на исследуемую модель

5) создание сетки модели (рис. 8);

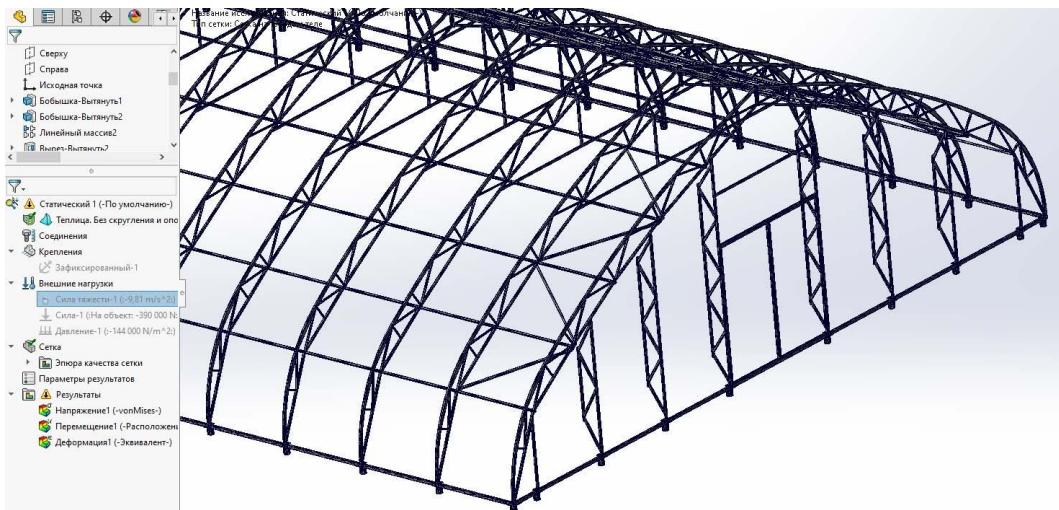


Рис. 8 – Создание сетки исследуемой модели

6) запуск анализа исследования;

7) оценка прочности исследуемой модели на основе полученных результатов в виде цветных эпюров (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 бореальные зоны. – 2019. – Т. 37. – № 1. – С. 79-83.