БЕРСЕНЕВ К. С., ФИРСОВА С. А.

РАЗРАБОТКА И РЕАЛИЗАЦИЯ МЕТОДИКИ РАСЧЕТА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ОСНАСТКИ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ОТДЕЛЬНЫХ УЗЛОВ ГРУЗОВЫХ ВАГОНОВ ПРИ ИХ ПРОЕКТИРОВАНИИ

Аннотация. В статье рассматривается процесс разработки методики расчета технологической оснастки для изготовления отдельных узлов грузовых вагонов. Разработанная методика была реализована с помощью созданной авторами программно-информационной системы, в основе которой лежит применение программных комплексов ANSYS 2022 и КОМПАС-3D, а также СУБД Microsoft SQL Server.

Ключевые слова: технологическая оснастка, методика, проектирование, КОМПАС-3D, ANSYS, прочностной расчет, информационная система, Visual Studio, C#, разработка, Microsoft SQL Server.

BERSENEV K. S., FIRSOVA S. A.

DEVELOPMENT AND IMPLEMENTATION OF METHODOLOGY FOR CALCULATING TECHNOLOGICAL EQUIPMENT FOR MANUFACTURING OF INDIVIDUAL UNITS OF FREIGHT CARS DURING THEIR DESIGN

Abstract. The article discusses the process of developing a methodology for calculating technological equipment for manufacturing of individual units of freight cars. The developed methodology is implemented using a software and information system created by the authors, which is based on the use of ANSYS 2022 and Compass-3D software complexes, as well as Microsoft SQL Server DBMS.

Keywords: technological equipment, methodology, design, COMPASS-3D, Ansys, strength calculation, information system, Visual Studio, C#, development, Microsoft SQL Server.

В настоящее время в таких отраслях тяжелой промышленности, как авиастроение, автомобилестроение, машиностроение, и в частности, вагоностроение широко применяют CAD/CAM/CAE системы. Например, на предприятии RM-Rail Рузхиммаш при проектировании грузовых вагонов используют систему 3D-моделирования КОМПАС-3D. Одним из основных этапов проектирования вагонов является прочностной расчет их металлоконструкций. Однако именно этот этап на предприятии не автоматизирован. Поэтому было решено разработать методику автоматизированного расчета технологической оснастки, используемой для изготовления грузовых вагонов, с помощью современных CAD и CAE – систем.

Технологическая оснастка представляет собой вспомогательное устройство, предназначенное для реализации технологических возможностей оборудования, или автономно работающее устройство, в котором использованы ручные, пневматические, электромеханические и другие приводы [1]. Конструкцию оснастки выбирают с учетом стандартных и типовых решений для данного вида технологической операции с учетом габаритных размеров изделия, вида заготовки, характеристики материала изделия, точности параметров изделия, технологических схем базирования и фиксации изделий, характеристик оборудования, типа производства [2].

Проектирование технологической оснастки состоит из следующих этапов:

– создание трехмерной модели;

– выполнение прочностного расчета металлоконструкции;

– выбор сечения профиля на основе максимального допустимого значения прогиба конструкции;

– разработка документации для изготовления технологической оснастки.

Однако, следует отметить, что процесс ручного расчета достаточно сложный и трудоемкий, для экономии времени применяют грубый расчет, в результате которого проектируемое изделие точно отвечает необходимым прочностным характеристикам, что ведет к лишним материально финансовым затратам.

В связи с этим предложим методику, способствующую более быстрому и точному расчету металлоконструкций, представив ее в виде блок схемы на рисунке 1.

Рис. 1. Схема разработанной методики.

Разработанная методика предполагает совместную деятельность нескольких сотрудников предприятия в рамках одной программно-информационной системы. Диаграмма вариантов использования такой системы представлена на рисунке 2.

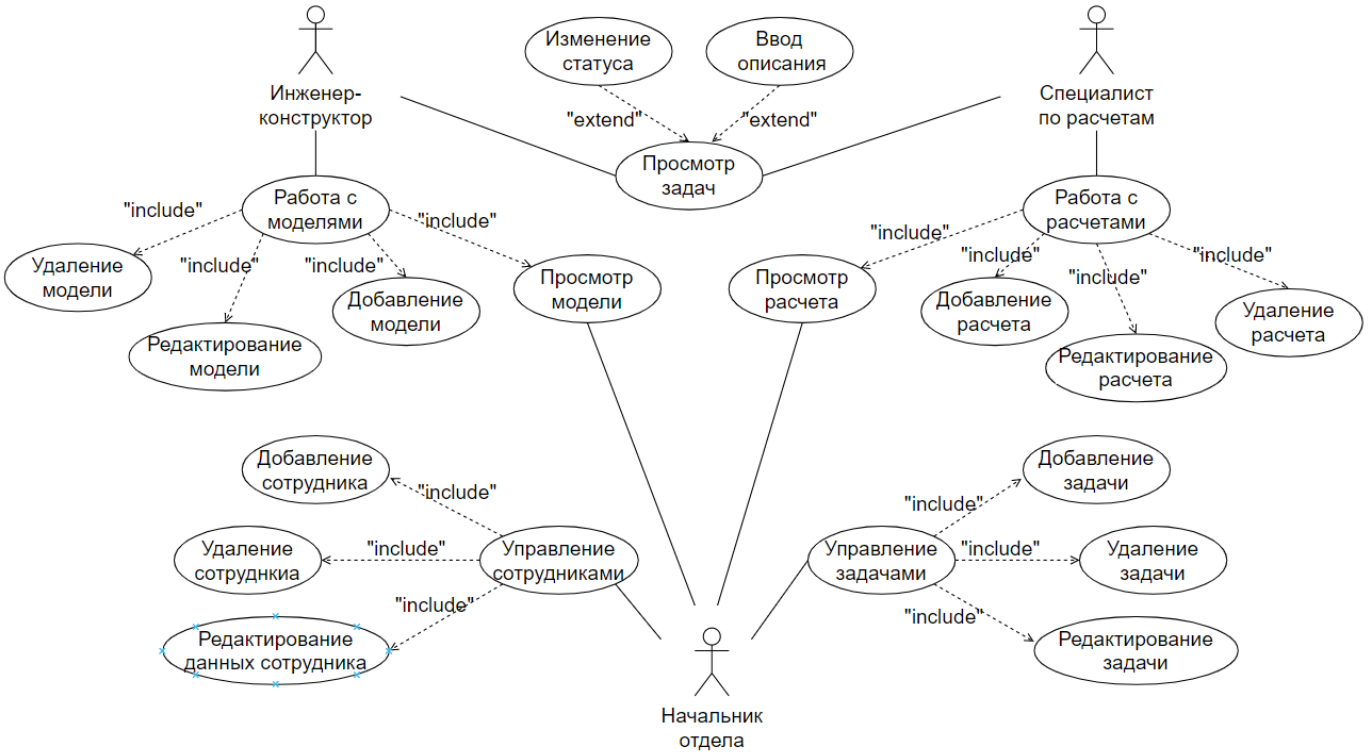

Рис. 2. Диаграмма вариантов использования разработанной системы.

Основными актерами являются:

– начальник отдела, который ставит задачи проектирования и принимает окончательное решение о выборе оптимальной модели для проектирования технологической оснастки;

– инженер-конструктор, выполняющий построение моделей в Компас-3D;

– специалист по расчетам, осуществляющий выполнение прочностных расчетов в ANSYS 2022.

Для инженерных расчетов будут использованы программные комплексы Компас-3D и ANSYS. Для реализации программно-информационной системы будем использовать Microsoft Visual Studio 2022 и Microsoft SQL Server.

Работа с программно-информационной системой начинается с постановки задач сотрудникам отдела. Начальник отдела заходит в свой профиль и в окне задачи заносит запись о новом проекте, при этом инженеру конструктору поставлена задача выполнить построение модели, а специалисту по расчетам – выполнить прочностной расчет. Описанные действия представлены на рисунках 3 и 4.

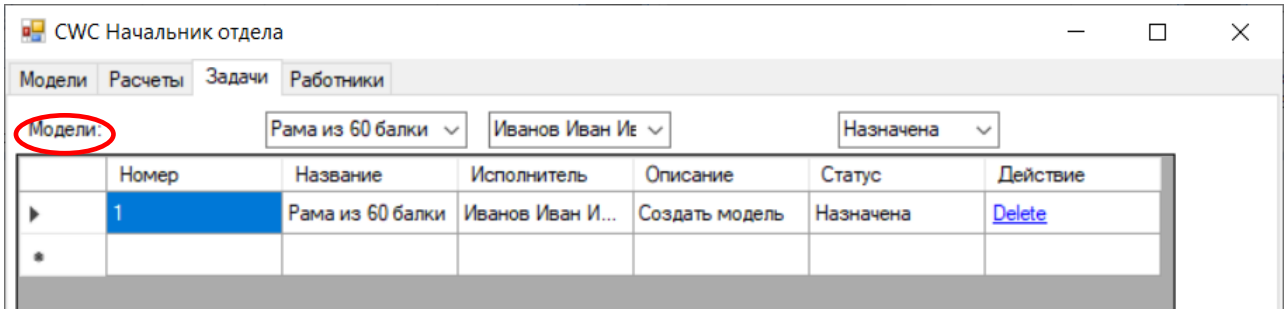

Рис. 3. Назначение задачи инженеру-конструктору.

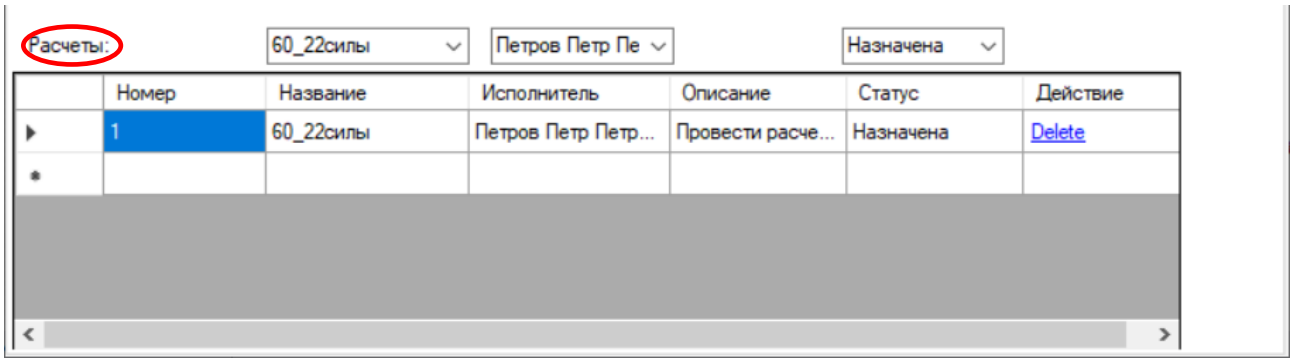

Рис. 4. Назначение задачи специалисту по расчетам.

Инженер конструктор авторизуется в программной системе, видит поставленную задачу, меняет статус задачи на принята и выполняет построение модели в системе Компас-3D. Эти действия представлены на рисунках 5 и 6.

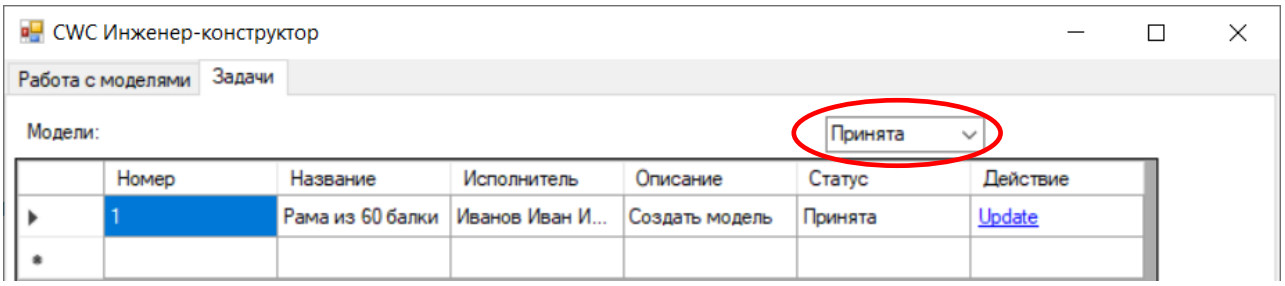

Рис. 5. Просмотр поставленных задач инженером-конструктором.

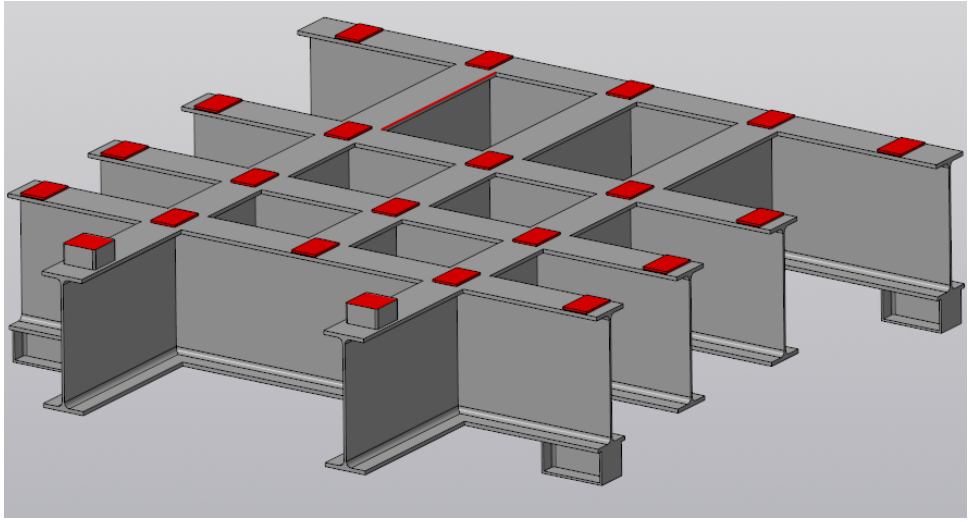

Рис. 6. Построение модели в Компас-3D.

Далее он переходит в окно «Работа с моделями» и нажимает кнопку «Открыть папку с моделями» для того чтобы перейти в ее расположение. В нее он загружает построенную модель, затем вносит информацию о спроектированной оснастке. После окончания работы над задачей инженер-конструктор меняет статус задачи на «Выполнена». Описанные действия представлены на рисунках 7 и 8.

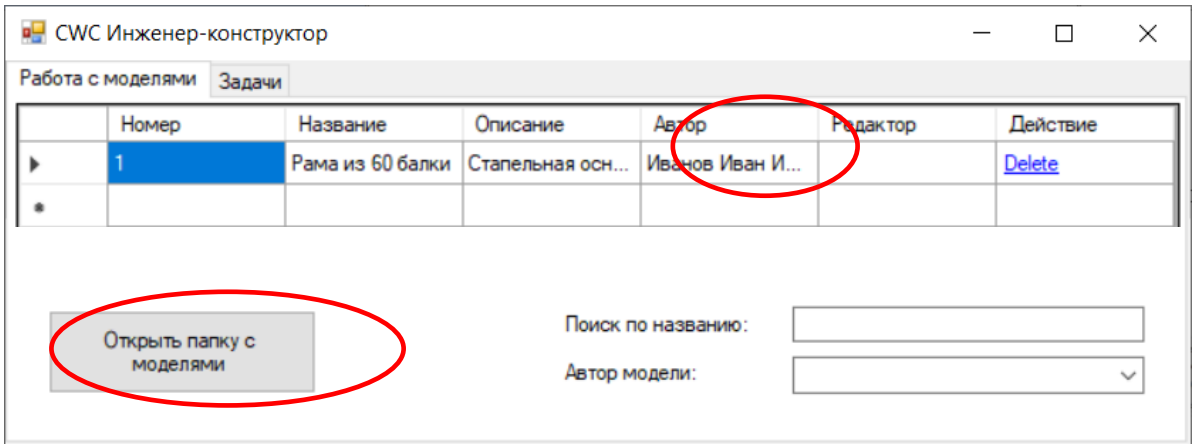

Рис. 7. Окно «Работа с моделями».

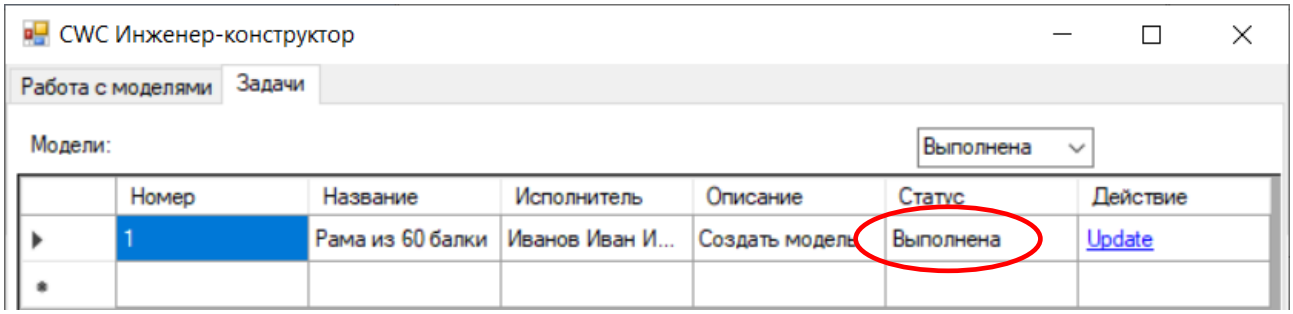

Рис. 8. Отметка о выполненной задаче.

Затем авторизацию в системе проходит специалист по расчетам. Он видит поставленную задачу, меняет статус задачи на принята, выполняет расчет модели в программном комплексе Ansys. Для этого модель из KOMPAS-3D будем импортировать в формате SAT в CAE-пакет ANSYS для дальнейшей работы с ней. Файл SAT - это 3D-модель, сохраненная в формате геометрического моделирования ACIS. Название формата расшифровывается как Standard ACIS Text – Стандартный текст ACIS. Файл содержит описание геометрии 3D-модели в текстовом формате ASCII и может быть просмотрен в простом текстовом редакторе [3].

Прочностные расчеты технологической оснастки, в частности стапеля сборки торцевой стены вагона-хоппера, спроектированной в Компас-3D, будем проводить в пакете программ ANSYS – передовом программном обеспечении для инженерного анализа и численного моделирования. После импортирования модели выполним построение сетки конечных элементов, а также зададим свойства, необходимые для расчета. Оснастка крепится к основанию с помощью четырех опор-ног. При расчете учитывается вес торцевой стены вагона-хоппера, для сборки которой и разрабатывается оснастка, силы, действующие со стороны 22-ух пневмоприжимов, с помощью которых фиксируются детали стены, а также гравитация.

Согласно конструкторской документации, максимально допустимое значение деформации стапельной оснастки при сборке торцевой стены вагона-хоппера составляет 2.5 мм. А как видно из результатов прочностного расчета, деформация составит всего 0.13 мм, что говорит об избыточной прочности проектируемого стапеля, которая ведет к необоснованному использованию материально-финансовых ресурсов. Схема расчета представлена на рисунке 9.

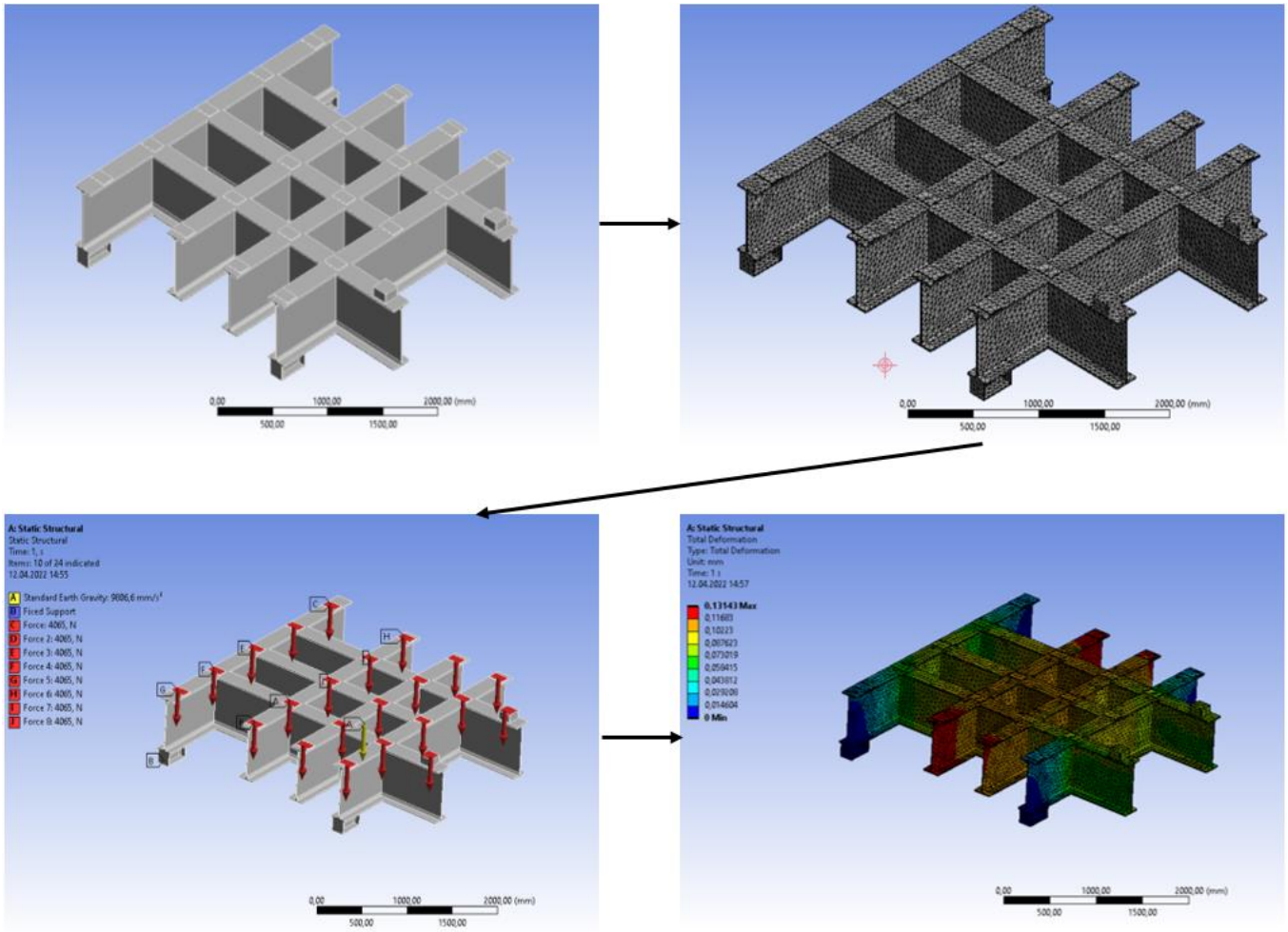

Рис. 9. Схема проводимого расчета.

Далее специалист по расчетам переходит в окно «Работа с расчетами» и нажимает кнопку «Открыть папку с расчетами для того чтобы перейти в ее расположение. В нее он загружает проект с выполненным расчетом, затем вносит информацию о нем. После окончания работы над задачей специалист по расчетам меняет статус задачи на «Выполнена». Эти действия представлены на рисунках 10 и 11.

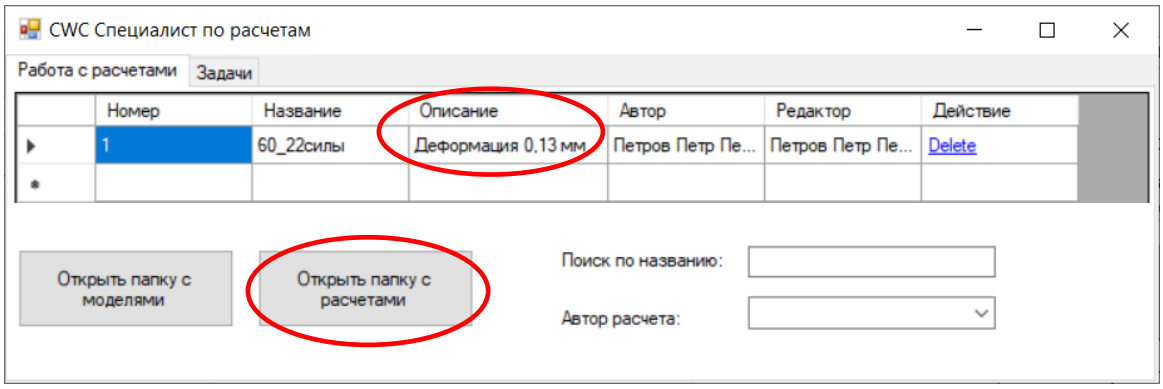

Рис. 10. Окно «Работа с расчетами».

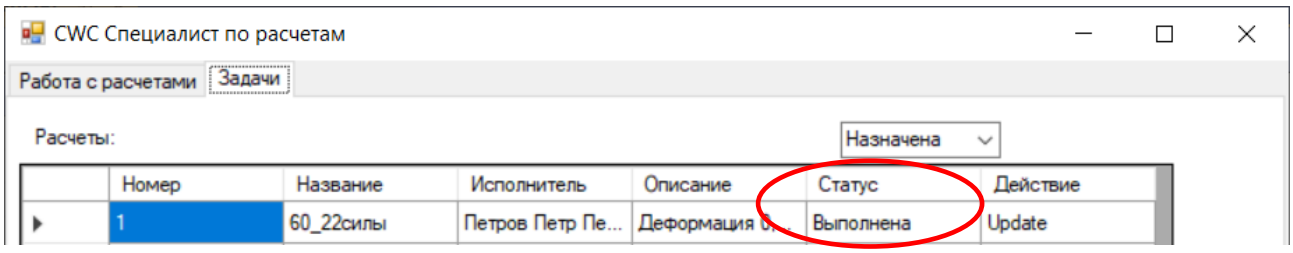

Рис. 11. Отметка специалиста по расчетам о выполненной задаче

Начальник отдела видит, что полученная деформация 0.13мм намного меньше предельно допустимого значения, равного 2.5мм и принимает решение о проведении расчетов с сечениями меньшего размера (рис. 12). Сечение балки представлено на рисунке 13. Всего будут рассмотрены 6 альтернативных моделей, размеры их балок приведены в таблице 1.

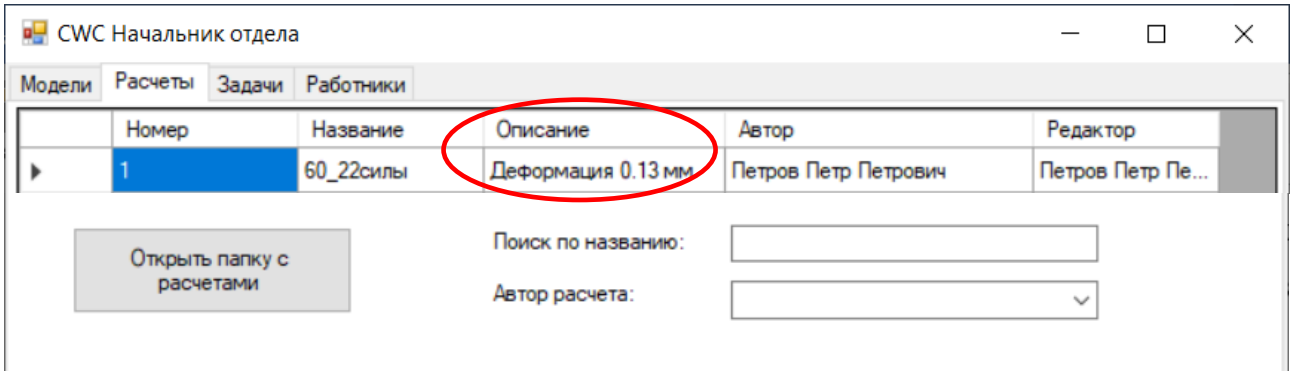

Рис. 12. Просмотр информации о моделях.

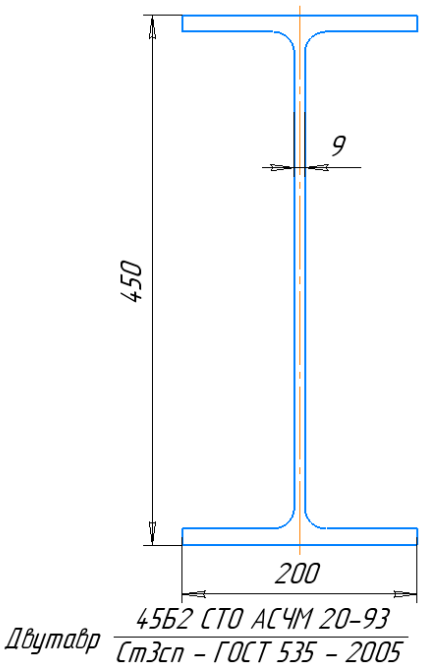

Рис. 13. Сечение балки.

Таблица 1

Предлагаемые сечения для расчетов

Номер модели	Внешние балки	Внутренние балки
1	600*200	450*200
2	450*200	450*200
3	450*200	300*150
4	300*150	300*150
5	300*150	200*100
6	200*100	200*100

Начальник отдела назначает новые задачи по созданию и расчету моделей из балок, меньших сечений (рис. 14).

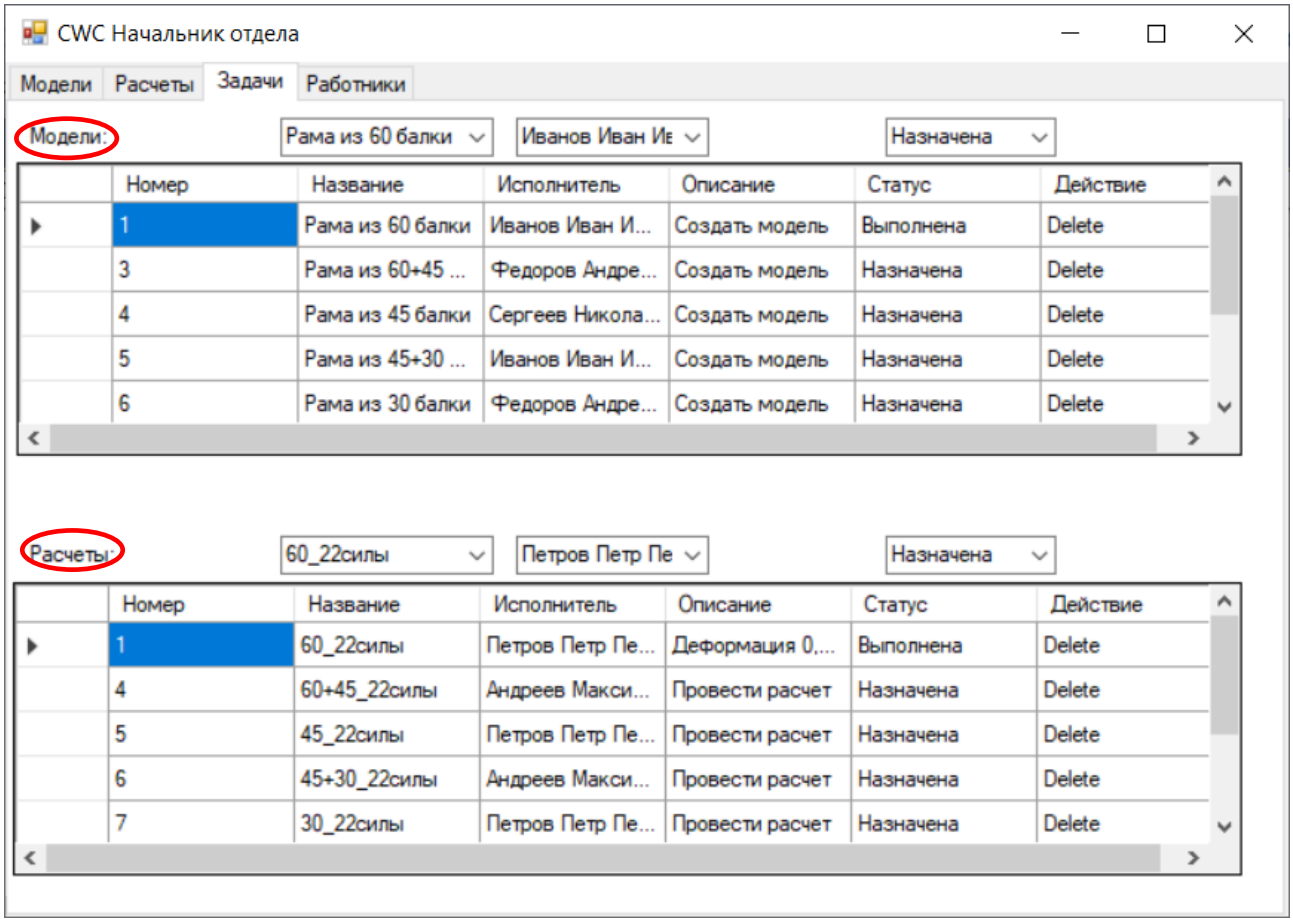

Рис. 14. Назначение новых задач.

После выполнения Начальник отдела видит всю информацию о моделях и расчетах, вносимую сотрудниками (рис. 15, 16).

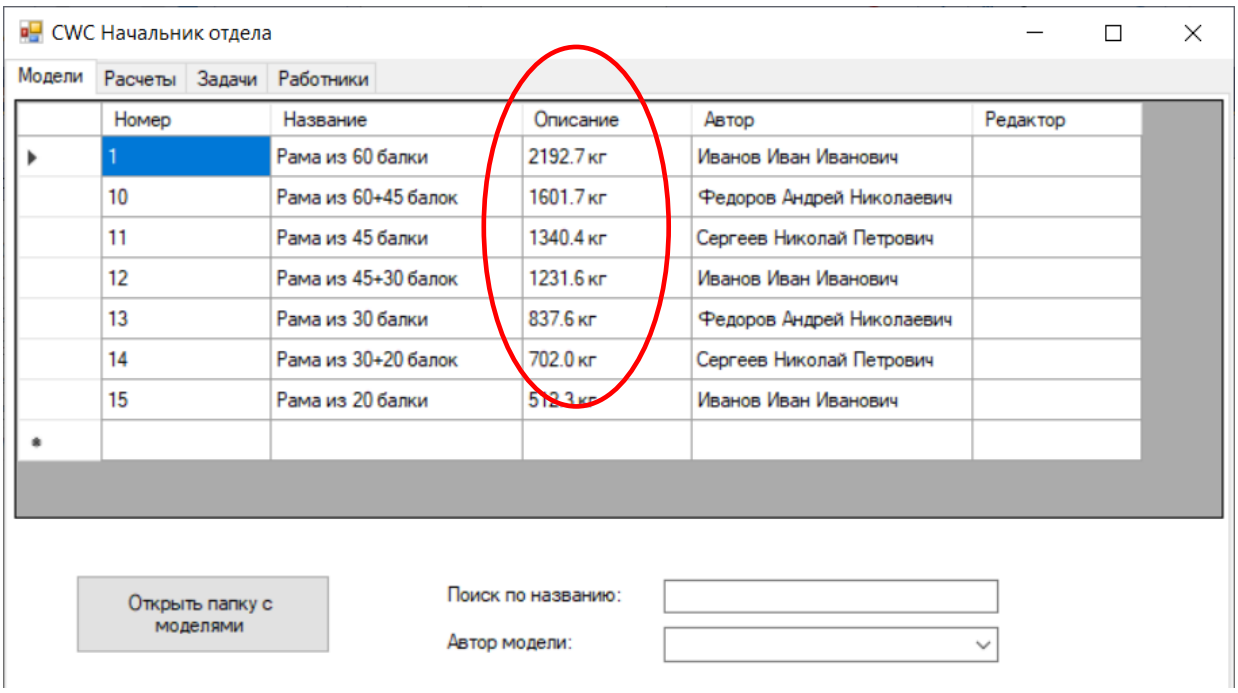

Рис. 15. Информация о моделях (вес полученных конструкций).

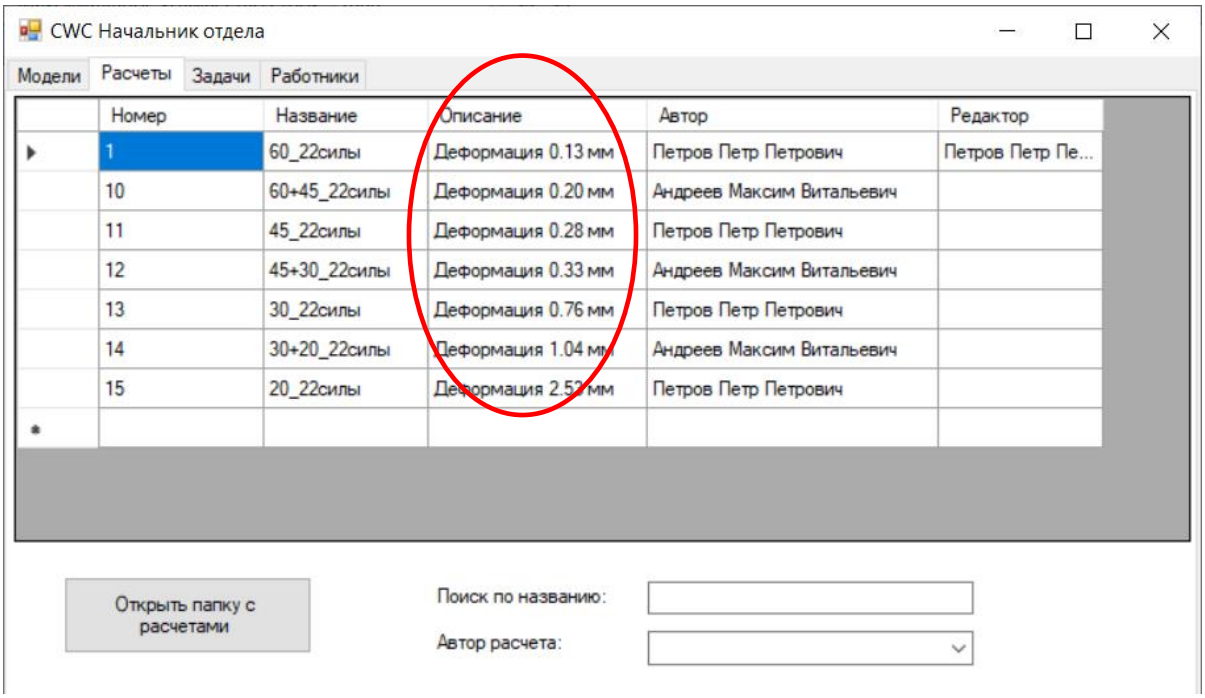

Рис. 16. Информация о расчетах (деформация в местах фиксации собираемого узла вагона).

Полученные значения деформаций и масс альтернативных моделей занесем в таблицу 2.

Таблица 2

Сравнение характеристик разработанных моделей

Сечение	60	60+45	45	45+30	30	30+20	20
Значение Total Deformation, мм	0,13	0,20	0,28	0,33	0,76	1,04	2,53
Масса модели, кг	2192,7	1601,7	1340,4	1231,6	837,6	702,0	518,2

В результате выберем оптимальный вариант – комбинированную модель из 30-ой и 20-ой балок, деформация которой составит 1.04 мм. Сравним модели по массе и стоимости используемых материалов, чтобы посчитать экономию. Масса начальной модели составляет 2192.7 кг, а полученной оптимальной – 702.0 кг. Стоимость двутавровых балок для начальной модели стапельной оснастки составит 206 497 рублей, а для полученной оптимальной 64 084 рубля. Экономия составит 142 413 рублей.

Таким образом, разработанная методика автоматизированного расчета технологической оснастки показала свою эффективность.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Что такое технологическая оснастка [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.miriso.ru/article/20170014.html (дата обращения: 12.10.2022).

2. Проектирование и расчет технологической оснастки [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://cyberpedia.su/14x1015e.html? (дата обращения: 17.10.2022).

3. Файл SAT – чем открыть, описание формата [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://open-file.ru/types/sat (дата обращения: 25.10.2022).