

МРНТИ 53.03.05, 55.35.37

<https://doi.org/10.48081/DKTJ9805>

**А. Ж. Касенов, К. К. Абишев, П. О. Быков,  
Р. Б. Муканов, А. Т. Амеркулов**

Торайгыров университет,  
Республика Казахстан, г. Павлодар

### **ПРОЧНОСТНОЙ АНАЛИЗ ЭЛЕМЕНТОВ ПЛЕНКОУКЛАДЧИКА**

*В статье приведен расчёт элементов проектируемого пленкоукладчика с применением системы АРМ FEM. Применение современных программных средств позволит качественно, надёжно и конкурентоспособно проектировать и выполнять всесторонний инженерный анализ и на его основе принимать конструктивные решения.*

*На основании результатов расчёта были выбраны наиболее оптимальные значения основных параметров, а также выполнен инженерный анализ для повышения качества проектных решений и сокращения затрат времени на этапе технологической подготовки.*

*Применение системы АРМ FEM при расчёте элементов сельскохозяйственной техники позволяет повысить производительность проектирования без натурных испытаний, возможно определить недостатки конструкции.*

*Ключевые слова: АРМ FEM, пленкоукладчик, моделирование, МКЭ, анализ.*

### **ВВЕДЕНИЕ**

В настоящее время развитие аграрного сектора является одной из важнейших задач в Республике Казахстан. Его трудно реализовать без соответствующей сельскохозяйственной техники, отвечающей современным требованиям и подходящей для регионов республики [1–7].

Ранее при проектировании сельскохозяйственных машин и режущего инструмента, проводились расчеты с применением различных программ (Autodesk

Inventor, APM Winmachine) [8–12]. В рамках выполнения магистерского проекта проводилась работа по проектированию пленкоукладчика мульчирующей пленки. Проектирование проводилось в CAD-системе КОМПАС-3D, прочностные расчеты проводились в системе прочностного анализа APM FEM, предназначенной для работы в интерфейсе CAD-системы КОМПАС-3D.

### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Основные шаги при проведении расчета:

- Подготовка 3D-модели к проведению расчета прочности (упрощение геометрии);
- Анализ и задание граничных условий (нагружение, закрепление);
- Автоматическая генерация конечно-элементной сетки на 3D-модели;
- Выбор необходимого типа расчета и настройка его параметров;
- Проведение расчета;
- Просмотр полученных результатов и анализ значений основных расчетных характеристик (напряжений, коэффициентов запаса, перемещений и т.д.);
- Проведение модификации модели по результатам проведенных вычислений (изменение геометрии/материала);
- Повторное проведение расчетного анализа для подтверждения работоспособности изделия [13].

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Для проведения расчета в КОМПАС-3D было смоделирована конструкция укладчика мульчирующей пленки, представленной на рисунке 1.

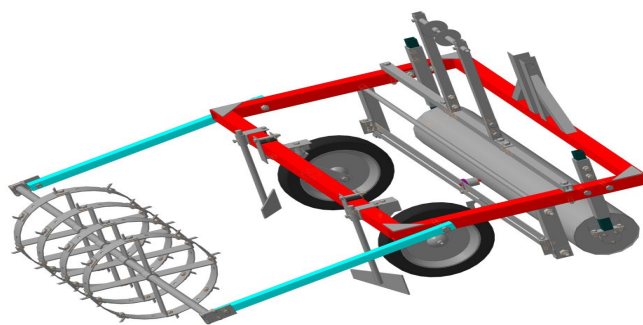


Рисунок 1 – Конструкция пленкоукладчика

В качестве примера приведем расчет рамы пленкоукладчика представленной на рисунке 2.

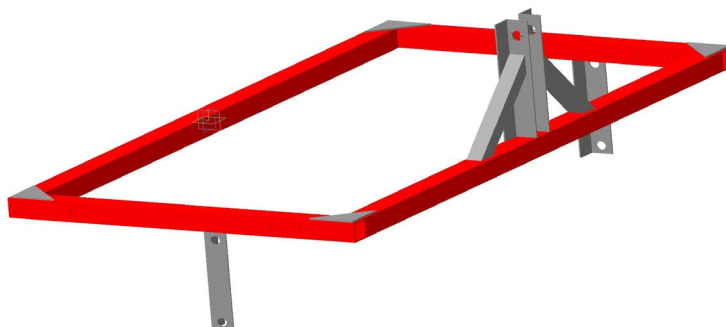


Рисунок 2 – Рама пленкоукладчика

Принимаем следующие исходные данные: материал – Сталь 20 ГОСТ 1050-88. Из библиотеки материалу присваиваются свойства, показанные в таблице 1.

Таблица 1 – Свойства материала

|                                                      |          |
|------------------------------------------------------|----------|
| Предел текучести [МПа]                               | 245      |
| Модуль упругости нормальный [МПа]                    | 198000   |
| Коэффициент Пуассона                                 | 0.3      |
| Плотность [кг/м <sup>3</sup> ]                       | 7859     |
| Температурный коэффициент линейного расширения [1/С] | 0.000011 |
| Теплопроводность [Вт/(м*С)]                          | 51       |
| Предел прочности при сжатии [МПа]                    | 400      |
| Предел выносливости при растяжении [МПа]             | 204      |
| Предел выносливости при кручении [МПа]               | 100      |

Система автоматически моделирует КЭ сеть и присваивает параметры. Основные параметры построенной сетки отображены в таблице 2.

Таблица 2 – Параметры и результаты разбиения

|                                                  |        |
|--------------------------------------------------|--------|
| Максимальная длина стороны элемента [мм]         | 8      |
| Максимальный коэффициент сгущения на поверхности | 1      |
| Коэффициент разрежения в объеме                  | 1.5    |
| Количество конечных элементов                    | 137478 |
| Количество узлов                                 | 46227  |

Построенная конечно-элементная сеть отображается виде рамы разделенной на элементы (рисунок 3), в данном случае для ускорения процесса размер элемента увеличен до 8 мм, а количество сокращено до 137478 узлов.

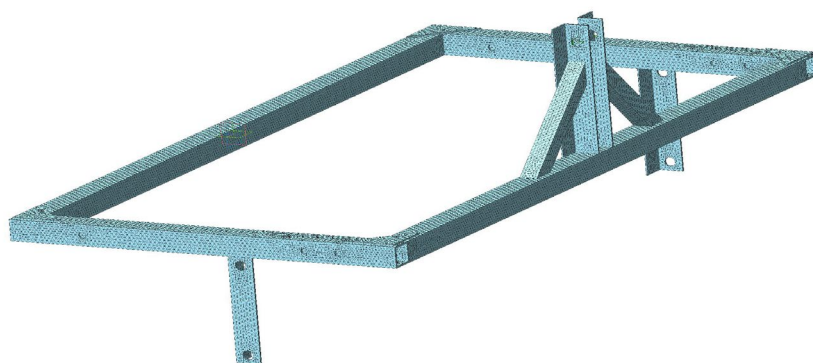


Рисунок 3 – КЭ модель рамы

Следующим этапом при проведении расчетов является установление зависимости фиксации. В данном случае моделируется агрегатирование с задней навеской трактора. Затем поэтапно задаются нагрузки, действующие на пластины (рисунок 4).

#### Информация о нагрузках

| Наименование           | Выбранные объекты | Параметры нагрузки       |
|------------------------|-------------------|--------------------------|
| Распределенная сила:   |                   | Вектор силы:             |
| Распределённая сила: 1 | Грани: 1          | $X = 0; Y = 0; Z = 1000$ |
|                        |                   | Величина: 1000 Н         |

#### Информация о закреплениях

| Наименование   | Выбранные объекты | X [мм]  | Y [мм]  | Z [мм]  | Rot. X [град] | Rot. Y [град] | Rot. Z [град] |
|----------------|-------------------|---------|---------|---------|---------------|---------------|---------------|
| Закрепление:   |                   |         |         |         |               |               |               |
| Закрепление: 1 | Грани: 2          | Запрещ. | Запрещ. | Запрещ. | -             | -             | -             |

Рисунок 4 – Информация о нагрузках и закреплениях

После задания всех необходимых условий производится расчет и результаты выводятся в виде отчета. Также выводятся карты напряжения по Мизесу, коэффициента запаса прочности, суммарных перемещений (деформаций) и др. (рисунки 5–7).

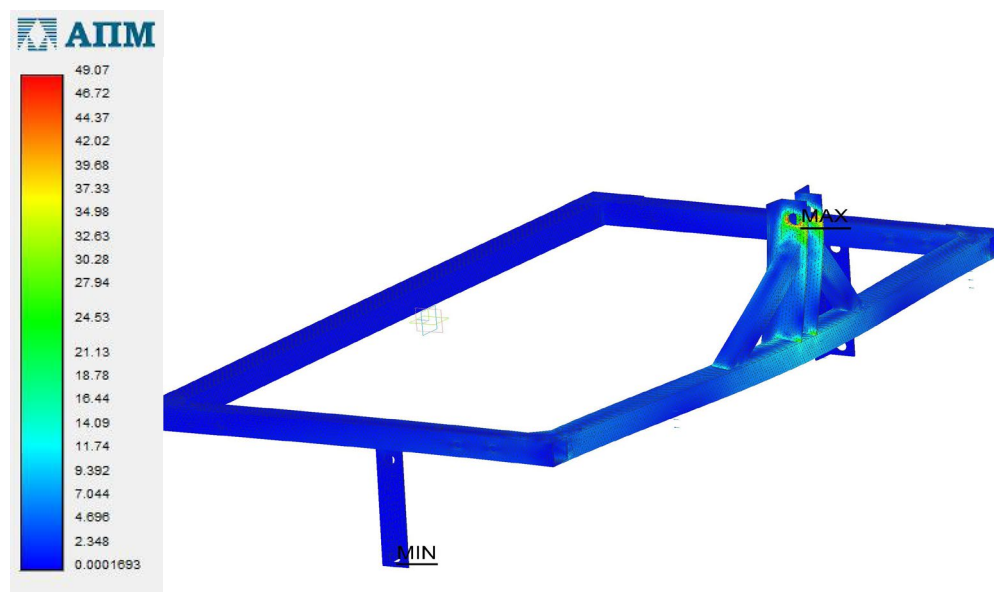


Рисунок 5 – Карта напряжений по Мизесу

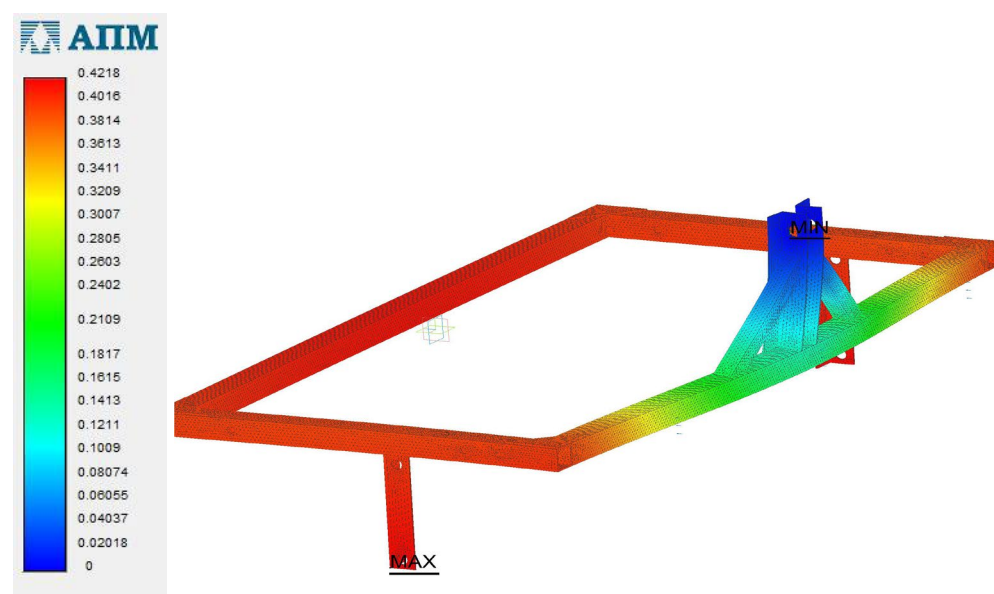


Рисунок 6 – Суммарное линейное перемещение

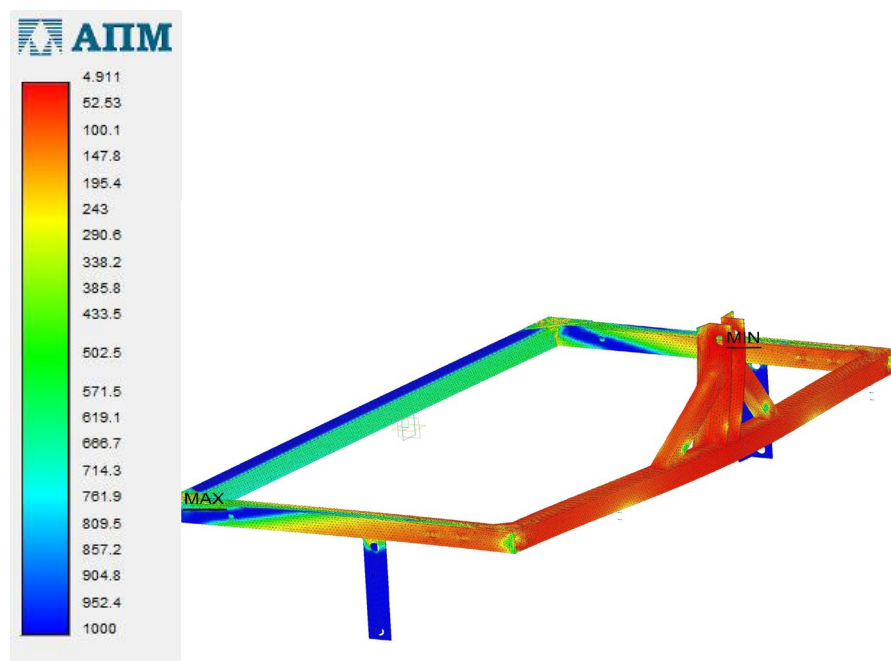


Рисунок 7 – Коэффициент запаса по прочности

### ВЫВОДЫ

На основании результатов расчёта были выбраны наиболее оптимальные значения основных параметров и характеристик рамы с учетом технологичности, а также выполнен инженерный анализ для повышения качества проектных решений и сокращения затрат времени на этапе технологической подготовки.

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Государственная программа развития агропромышленного комплекса Республики Казахстан на 2017–2021 годы. –Астана, 2017.

2 Материалы VII Форума машиностроителей Казахстана, 2018.

3 Шумейко, И. А., Касенов, А. Ж., Абишев, К. К. Роль машиностроения и особенности развития отрасли в Казахстане // Наука и техника Казахстана. – 2019. – № 4. – С. 81–89.

4 Дощанова, А. И. Актуальные проблемы развития АПК Казахстана в условиях глобального кризиса // Сборник научных трудов по итогам международной научно-практической конференции «Современный взгляд на проблемы экономики и менеджмента». – 2015. – С. 6–8.

5 Омарханова, Ж. М. Вопросы развития АПК в Казахстане // Материалы международной заочной научно-практической конференции «Экономика и управление инновационными процессами, проектами, программами». – 2015. – С. 64–67.

6 Маркетинговое исследование на тему: Основной рынок и сборка сельскохозяйственной техники в Республике Казахстан. – Нур-Султан, 2018.

7 Kasenov A. Zh., Mukanov R. B., Amerkulov A. T. Prospects for the organization of trailer equipment production // Наука и техника Казахстана. – 2020. – № 2. – С. 66–73.

8 Мендебасев, Т. М., Дудак, Н. С., Касенов, А. Ж., Муканов, Р. Б. Применение системы Autodesk Inventor при проектировании резцовой головки для обработки отверстий. Труды международных Сатпаевских чтений «Конкурентоспособность технической науки и образования», Т. 1, часть 1. – Алматы, 2016 – С. 238–243.

9 Дудак, Н. С., Касенов, А. Ж., Муканов, Р. Б., Таскарина, А. Ж. Применение системы APM WinMachine при проектировании металлорежущих инструментов. Материали за X Международна научна практична конференция «Ключови въпроси в съвременната наука – 2014» 17–25 април 2014 г. – Том 37 технологии. – София «Бял Град-БГ» ООД 2014. – С. 47–50.

10 Совершенствование конструкции и расчет шпинделя прошивного стана с помощью CAD/CAE системы APM Winmachine. Богомолов А. В. Муканов Р. Б., Мухтубаева К. С. Романов Н. С. Матер. Международн. научн. конф. молодых учёных, магистрантов, студентов и школьников «XV Сатпаевские чтения», Т.16. Серия «Студенты». – Павлодар : ПГУ им. С. Торайгырова, 2015. – С. 190.

11 <https://www.apk-inform.com/ru/exclusive/opinion/72987>. [Электронный ресурс].

12 Маркетинговое исследование рынка сельскохозяйственной техники в Казахстане omega system 2019 г.

13 <https://apm.ru/apm-fem>. [Электронный ресурс].

Материал поступил в редакцию 29.12.20.

**А. Ж. Қасенов, К. К. Әбішев, П. О. Быков, Р. Б. Мұқанов, А. Т. Амеркулов**

Торайғыров университеті,  
Қазақстан Республикасы, Павлодар қ.  
Материал 29.12.20 баспаға түсті.

## **АУЫЛ ШАРУАШЫЛЫҚ ТЕХНИКАСЫН ЖОБАЛАУ КЕЗІНДЕ APM FEM-ДЕ БЕРІКТІК ТАЛДАУ**

*Мақалада APM FEM жүйесін қолдану арқылы жобаланған пленкладчик элементтерінің есебі келтірілген. Қазіргі заманғы бағдарламалық құралдарды қолдану сапалы, сенімді және бәсекеге қабілетті жобалауға және жан-жақты инженерлік талдауды орындауға және оның негізінде конструктивті шешімдер қабылдауға мүмкіндік береді.*

*Есептеу нәтижелері негізінде негізгі параметрлердің ең оңтайлы мәндері таңдап алынды, сондай-ақ жобалық шешімдердің сапасын арттыру және технологиялық дайындық кезеңіндегі уақыт шығындарын қысқарту үшін инженерлік талдау жасалды.*

---

*Ауыл шаруашылығы техникасының элементтерін есептеу кезінде АРМ FEM жүйесін қолдану Жобалау өнімділігін арттыруға мүмкіндік береді нақты сынақтарсыз конструкцияның кемшіліктерін анықтауға болады.*

*Кілтті сөздер: АРМ FEM, пленка төсегіш, модельдеу, МКЕ, талдау.*

**A. Zh. Kasenov, K. K. Abishev, P. O. Bykov, R. B. Mukanov, A. T. Amerkulov**

Toraighyrov University,

Republic of Kazakhstan, Pavlodar.

Material received on 29.12.20.

### **STRENGTH ANALYSIS IN APM FEM WHEN DESIGNING AGRICULTURAL MACHINERY**

*The article presents the calculation of elements of the designed film stacker using the APM FEM system. The use of modern software tools will allow you to design and perform comprehensive engineering analysis in a high-quality, reliable and competitive manner and make constructive decisions based on it.*

*Based on the calculation results, the most optimal values of the main parameters were selected and engineering analysis was performed to improve the quality of design solutions and reduce time spent at the stage of technological preparation.*

*The use of the APM FEM system in the calculation of elements of agricultural machinery allows you to improve the design performance without field tests, it is possible to determine the design flaws.*

*Keywords: APM FEM, agricultural machinery, modeling, FEM, analysis.*