

УДК 629.1

05.20.01 – Технологии и средства механизации сельского хозяйства (технические науки)

### **РАСЧЕТ НА ПРОЧНОСТЬ КОНИКОВ КОЛЕСНОГО ФОРВАРДЕРА**

Клубничкин Владислав Евгеньевич

к.т.н., доцент

Scopus Author ID: 57203352852

РИНЦ SPIN-код: 6060-7794

[vkclubnichkin@mgul.ac.ru](mailto:vkclubnichkin@mgul.ac.ru)

*Мытищинский филиал МГТУ им. Н. Э. Баумана, Россия, 141005, Московская обл., г. Мытищи, ул. 1-я Институтская, д. 1*

Карташов Александр Борисович

к.т.н., доцент

Scopus Author ID: 57193455903

РИНЦ SPIN-код: 9896-2452

[kartashov@bmstu.ru](mailto:kartashov@bmstu.ru)

*Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана, Россия, 105005, Москва, 2-я Бауманская улица, 5*

Алябьев Алексей Федорович

д.т.н., профессор

Scopus Author ID: 57208470075

РИНЦ SPIN-код: 6093-1882

[alyabiev@mgul.ac.ru](mailto:alyabiev@mgul.ac.ru)

*Мытищинский филиал МГТУ им. Н. Э. Баумана, Россия, 141005, Московская обл., г. Мытищи, ул. 1-я Институтская, д. 1*

Васильева Карина Вениаминовна

Старший преподаватель

[carina34@yandex.ru](mailto:carina34@yandex.ru)

*Мытищинский филиал МГТУ им. Н. Э. Баумана, Россия, 141005, Московская обл., г. Мытищи, ул. 1-я Институтская, д. 1*

Козлов Иван Вячеславович

Магистр

[kozloviv@student.bmstu.ru](mailto:kozloviv@student.bmstu.ru)

*Мытищинский филиал МГТУ им. Н. Э. Баумана, Россия, 141005, Московская обл., г. Мытищи, ул. 1-я Институтская, д. 1*

В рамках создания высокотехнологичного производства современных, энергоэффективных и экологически безопасных лесных машин, запланирована разработка и производство погрузочно-транспортной машины (форвардера). Форвардер работает в тяжелых условиях на вывозке сортиментов от мест лесозаготовок до погрузочной площадки. К конструкции кониковой площадки в которой перевозят (трелюют) сортименты предъявляются высокие требования. Конструкция коника с запасом должна

UDC 629.1

05.20.01 - Technologies and means of agricultural mechanization (technical sciences)

### **STRENGTH CALCULATION BUNKS OF THE WHEELED FORWARDER**

Klubnichkin Vladislav Evgenievich

Cand.Tech.Sci., assistant professor

Scopus Author ID: 57203352852

RSCI SPIN-code: 6060-7794

[vkclubnichkin@mgul.ac.ru](mailto:vkclubnichkin@mgul.ac.ru)

*Mytishchi branch Bauman Moscow State Technical University, Russia, 141005, Moscow region, Mytishchi, st. 1st Institutskaya, 1*

Kartashov Alexander Borisovich

Cand.Tech.Sci., assistant professor

Scopus Author ID: 57193455903

RSCI SPIN-code: 9896-2452

[kartashov@bmstu.ru](mailto:kartashov@bmstu.ru)

*Bauman Moscow State Technical University, Russia, 105005, Moscow, 2nd Baumanskaya, 5*

Alyabiev Alexey Fedorovich

Dr.Sci.Tech., professor

Scopus Author ID: 57208470075

RSCI SPIN-code: 6093-1882

[alyabiev@mgul.ac.ru](mailto:alyabiev@mgul.ac.ru)

*Mytishchi branch Bauman Moscow State Technical University, Russia, 141005, Moscow region, Mytishchi, st. 1st Institutskaya, 1*

Vasilieva Karina Veniaminovna

Senior Lecturer

[carina34@yandex.ru](mailto:carina34@yandex.ru)

*Mytishchi branch Bauman Moscow State Technical University, Russia, 141005, Moscow region, Mytishchi, st. 1st Institutskaya, 1*

Kozlov Ivan Vyacheslavovich

Master

[kozloviv@student.bmstu.ru](mailto:kozloviv@student.bmstu.ru)

*Mytishchi branch Bauman Moscow State Technical University, Russia, 141005, Moscow region, Mytishchi, st. 1st Institutskaya, 1*

As part of the creation of a high-tech production of modern, energy-efficient and environmentally friendly forest machines, we have planned to develop and manufacture a loading and transport machine (forwarder). The forwarder works in tough conditions, hauling assortments from logging sites to the loading bay. High requirements are imposed on the design of the conical platform in which the assortments are transported (trailed). The design of the bunk with a margin must withstand the loads acting from the bundle of assortments contained in them when the

выдерживать нагрузки действующие от пачки сортиментов находящихся в них при движении машины по лесосеке. Для проработки конструкции коника и последующего его расчета методом конечных элементов использовался пакет прикладных программ Siemens NX включающий специализированный модуль расчета

machine moves through the cutting area. To study the structure of the conic and its subsequent calculation by the finite element method, the Siemens NX application package was used, including a specialized calculation module

Ключевые слова: ФОРВАРДЕР, КОНИК, МЕТОД КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ, НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ

Keywords: FORWARDER, CONIC, FINITE ELEMENT METHOD, STRESS-DEFORMED STATE

<http://dx.doi.org/10.21515/1990-4665-163-005>

## Введение

Двигаясь по не подготовленной местности, грузовая платформа погрузочно-транспортной машины ПТрМ в груженном состоянии постоянно испытывает значительные нагрузки, обусловленные как особенностями рельефа местности, так и преодолением препятствий [1, 3]. Целью данного расчета является определение жесткости и прочности коника грузовой платформы колесной погрузочно-транспортной машины (форвардера) используя метод конечных элементов [4]. Определив наиболее нагруженные места (участки) кониковой площадки, в последующем можно получить наиболее оптимальную конструкцию, которая полностью устроит по своей массе и прочности [2, 5].

## Расчет на прочность коников грузовой платформы

Наиболее нагруженным для коников является режим, когда машина при полной загрузке наклонена на угол  $\alpha = 30^\circ$  в поперечном направлении. Расчетная схема показана на рисунке 1.

В качестве материала коника принимаем сталь 10ХСНД. Механические свойства стали представлены в таблице.

Таблица 1 – Механические свойства стали 10ХСНД

Модуль упругости, Е, МПа	Коэфф. Пуассон а	Предел текучести $\sigma_T$ , МПа	Предел прочности $\sigma_B$ , МПа	Удлинение при разрыве, $\delta_5$ , %
200000	0,3	390	540	19

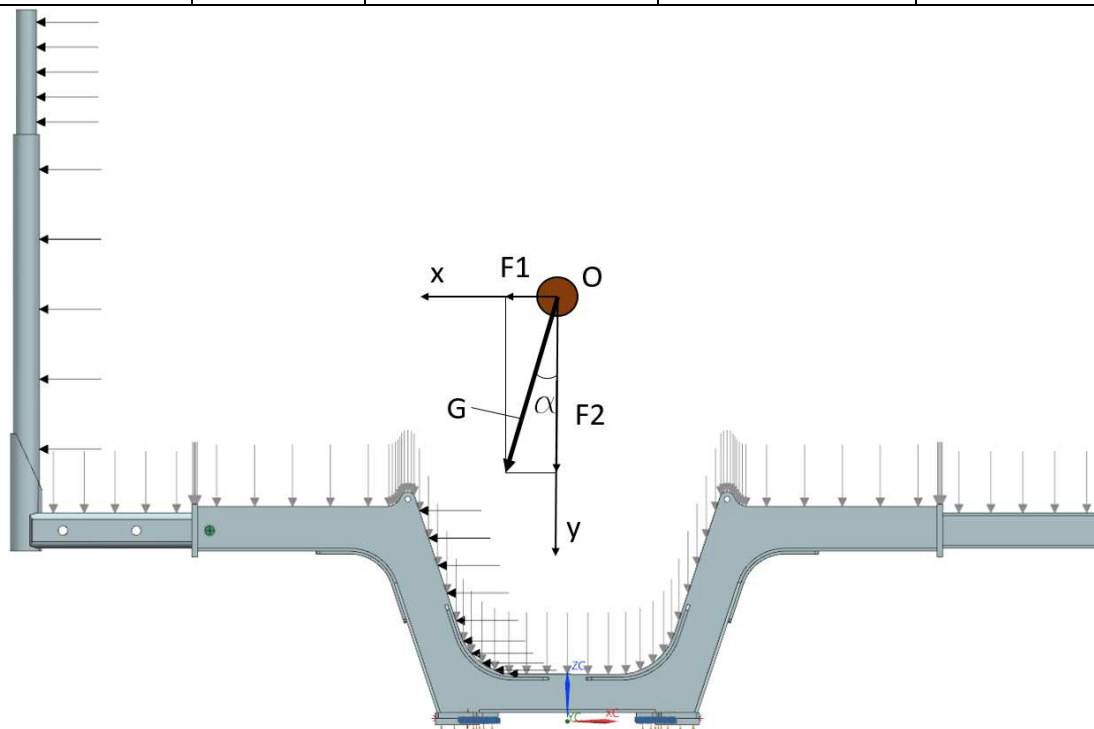


Рисунок 1– Расчетная схема нагружения коника

Проекции сил на оси  $Ox$  и  $Oy$ , действующих на коник рассчитываются по формулам:

$$F_1 = \frac{G}{n} \cdot \cos(90^\circ - \alpha) \quad (1)$$

$$F_2 = \frac{G}{n} \cdot \cos(\alpha) \quad (2)$$

где  $G$  – вес загруженного сортимента,  $G = 190000$  Н;

$n$  – количество коников,  $n = 4$ ;

$\alpha$  – угол наклона машины в поперечном направлении,  $\alpha = 30^\circ$ .

### Описание конечно-элементной модели

Тела рассчитываемых деталей представляют собой конечно-элементные модели, состоящие из типа элементов «tetra10» размером 10 мм. Тело листа, имитирующего направляющую, не рассчитывается, используются для учета жесткости конструкции, поэтому состоят из элементов типа «tetra4» размером 10 мм. Конечно-элементная модель коника представлена на рисунке 2.

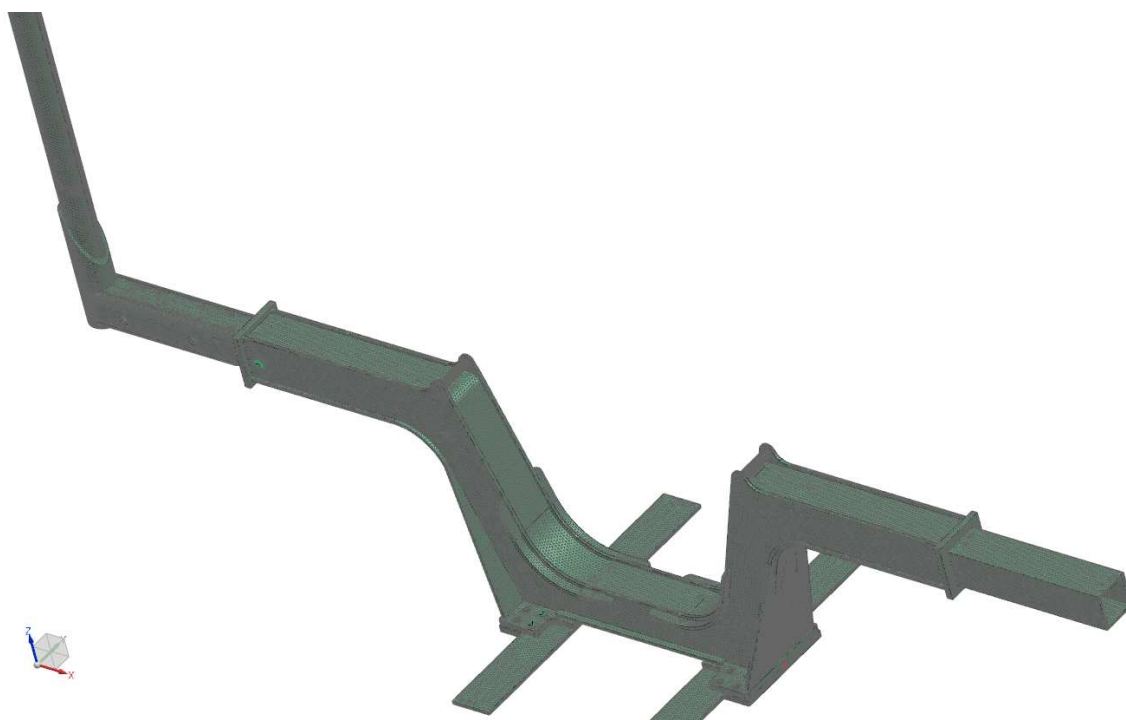


Рисунок 2 – Конечно-элементная модель коника

Болтовые соединения между направляющим листом рамы, коником и планкой, учитываются в расчетах в виде «СВАР» элементов, соединяющихся с конечно-элементным телом детали с помощью уравнения «RBE3». Болтовое соединение коника и его расширителя задано аналогичным образом.

Для учета жесткости конструкции в плоскости стыка между направляющим листом, коником и планкой задан «контакт».

В местах приварки направляющих листов к задней полураме, с целью учета жёсткости конструкции, заданы заделки (рисунок 3).

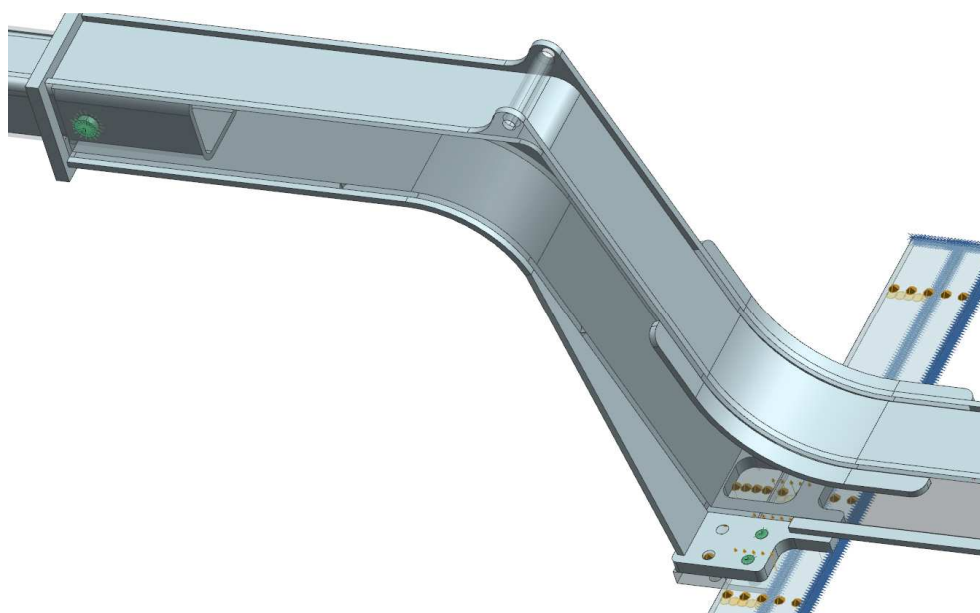


Рисунок 3 – Конечно-элементная модель коника

### Результаты расчета

В качестве результатов расчетов представлены распределения эквивалентных напряжений по Мизесу с указанием мест с наибольшими значениями напряжений (см. рисунки 4, 5).

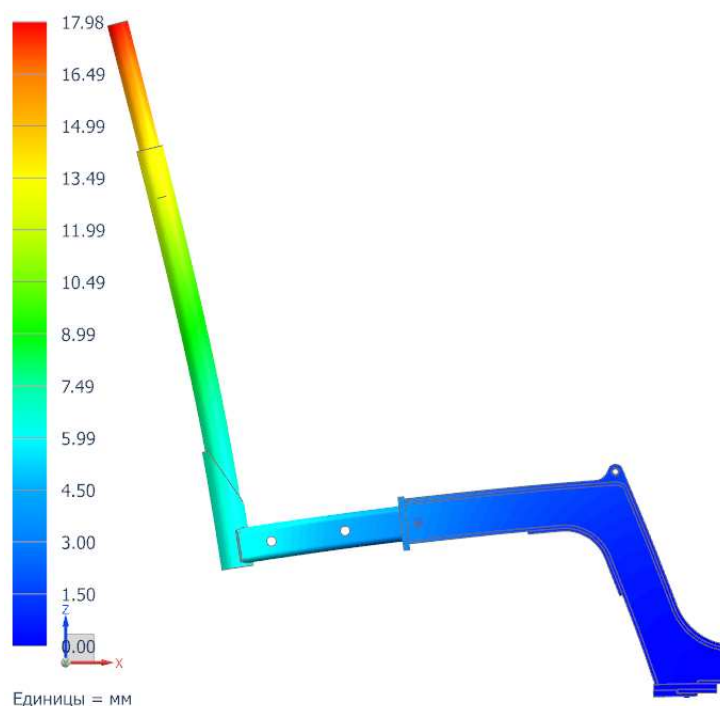


Рисунок 4 – Деформированное состояние. Цветом показана магнитуда перемещений, мм

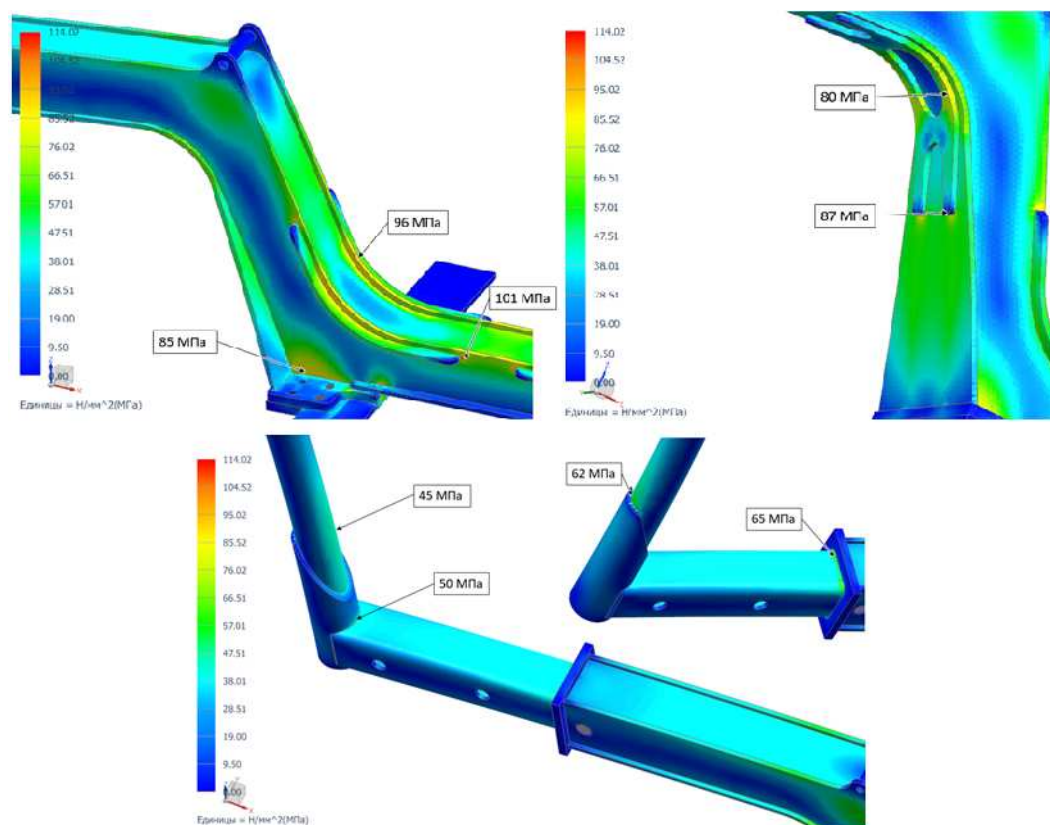


Рисунок 5 – Распределение эквивалентных напряжений по Мизесу, МПа

### Выводы

Расчет коника показал, что элементы конструкции выдерживают расчетные нагрузки с коэффициентом запаса 3,4. В дальнейшем конструкция коников колесной погрузочно-транспортной машины может быть облегчена за счет уменьшения толщины конструкции или использования другого материала.

**Благодарности:** Работа выполнена в МГТУ им. Н.Э. Баумана при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках соглашения №075-11-2019-030 от 22 ноября 2019 г.

### Литература

1. Клубничкин, В.Е. Краткий анализ тенденций развития лесозаготовительных машин/ В.Е. Клубничкин, Е.Е. Клубничкин, А.Б. Карташов // Труды НГТУ им. Р.Е. Алексеева. – 2020. – № 3 (130). – С. 93–102.
2. Клубничкин, В.Е. Исследование нагруженности кониковой площадки лесозаготовительной машины / В.Е. Клубничкин, Е.Е. Клубничкин // Актуальные

направления научных исследований XXI века: теория и практика. 2015. Т. 3. № 5-1 (16-1). С. 205-209.

3. Котиков, В.М. Лесозаготовительные и трелевочные машины / В.М. Котиков, Н.С. Еремеев, А.В. Ерхов. - М.: Лесная промышленность, 2004. - 336 с.

4. Клубничкин, В.Е. Современное программное обеспечение для проведения исследований по нагрузкам, устойчивости и проходимости машин / В.Е. Клубничкин, Е.Е. Клубничкин // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. 2015. Т. 3. № 5-1 (16-1). С. 209–214.

5. Клубничкин, Е.Е. Исследование нагруженности опоры манипулятора / Е.Е. Клубничкин, В.Е. Клубничкин // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. 2015. Т. 3. № 5-1 (16-1). С. 214–219.

## References

1. Klubnichkin, V.E. Kratkij analiz tendencij razvitija lesozagotovitel'nyh mashin/ V.E. Klubnichkin, E.E. Klubnichkin, A.B. Kartashov // Trudy NGTU im. R.E. Alekseeva. – 2020. – № 3 (130). – S. 93–102.

2. Klubnichkin, V.E. Issledovanie nagruzhennosti konikovej ploshhadki lesozagotovitel'noj mashiny / V.E. Klubnichkin, E.E. Klubnichkin // Aktual'nye napravlenija nauchnyh issledovanij XXI veka: teorija i praktika. 2015. Т. 3. № 5-1 (16-1). S. 205-209.

3. Kotikov, V.M. Lesozagotovitel'nye i trelevochnye mashiny / V.M. Kotikov, N.S. Eremeev, A.V. Erhov. - М.: Lesnaja promyshlennost', 2004. - 336 s.

4. Klubnichkin, V.E. Covremennoe programmnoe obespechenie dlja provedenija issledovanij po nagruzkam, ustojchivosti i prohodimosti mashin / V.E. Klubnichkin, E.E. Klubnichkin // Aktual'nye napravlenija nauchnyh issledovanij XXI veka: teorija i praktika. 2015. Т. 3. № 5-1 (16-1). S. 209–214.

5. Klubnichkin, E.E. Issledovanie nagruzhennosti opory manipuljatora / E.E. Klubnichkin, V.E. Klubnichkin // Aktual'nye napravlenija nauchnyh issledovanij XXI veka: teorija i praktika. 2015. Т. 3. № 5-1 (16-1). S. 214–219.