

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«ИВАНОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ В.И. ЛЕНИНА»

Кафедра теоретической и прикладной механики

Оптимизационный расчет напряжений узла грейфера экскаватора

Выполнил: студент гр.4-33

Якимов А.А.

Руководитель: доц., к. т. н.

Ноздрин М.А.

Иваново 2021

Цели и задачи

Целью данной работы является исследование конструкции узла «Рукоять ковша» одноковшового экскаватора РС220-7 и выработка рекомендаций по усовершенствованию.

Для достижения данной цели решаются следующие задачи:

- создание 3D модели узла «Рукоять ковша»;
- проведение расчета внешних нагрузок на узел;
- конечно-элементное моделирование узла;
- проведение расчётов напряжённо-деформированного состояния;
- анализ результатов расчётов и выработка рекомендаций.

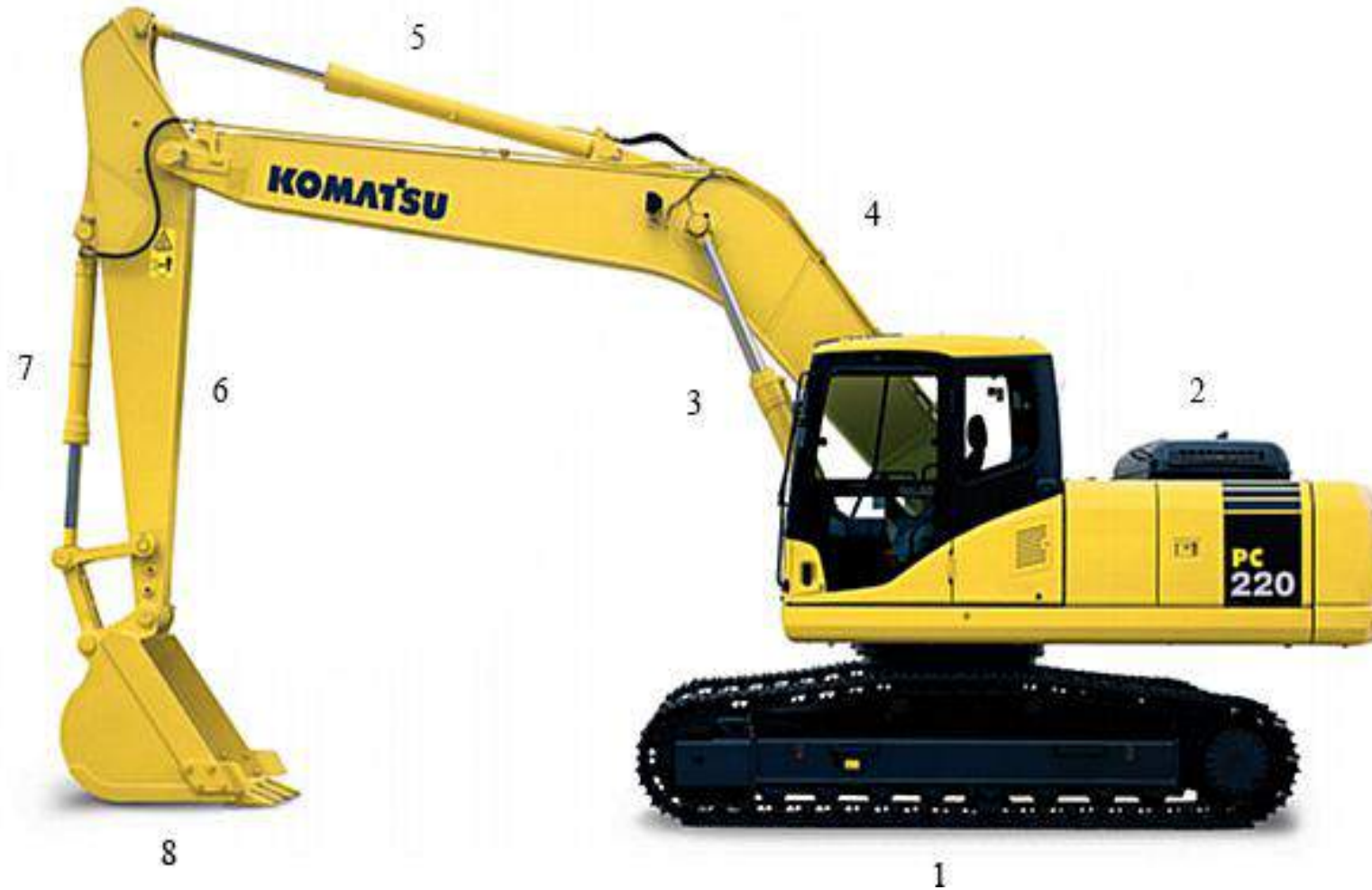


Рис. 1 Общий вид экскаватора PC220-7

1 – гусеничный ход; 2 – кабина; 3,5,7 – гидроцилиндры;
4 – стрела; 6 – рукоять; 8 – ковш

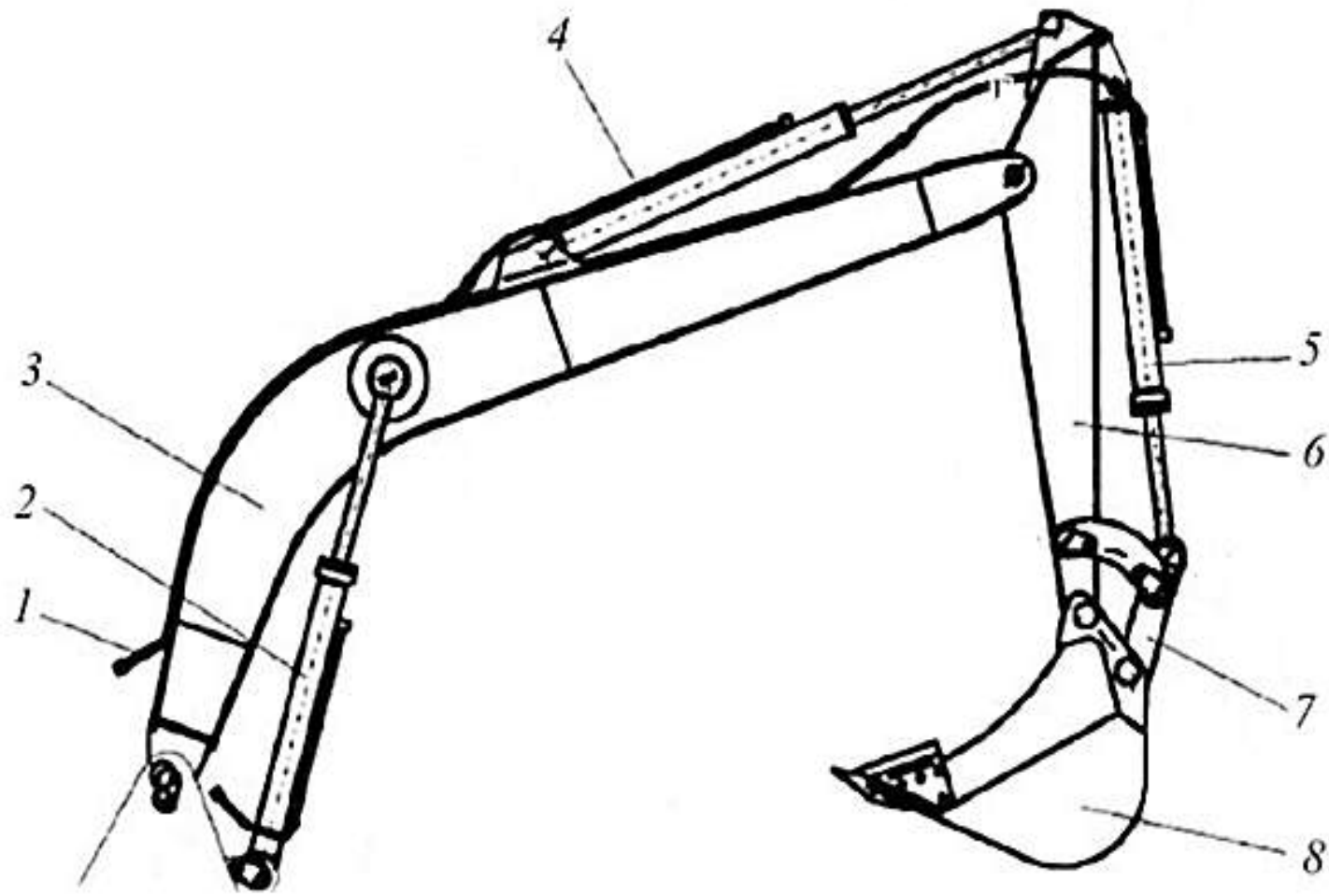


Рис. 2. Рабочее оборудование «обратная лопата»
с моноблочной стрелой:

1 — трубопроводы рабочего оборудования; 2, 4, 5 — гидроцилиндры;
3 — стрела; 5 — механизм привода ковша; 6 — рукоять; 7 — механизм привода
ковша; 8 — ковш

Геометрическое моделирование узла «Рукоять экскаватора»

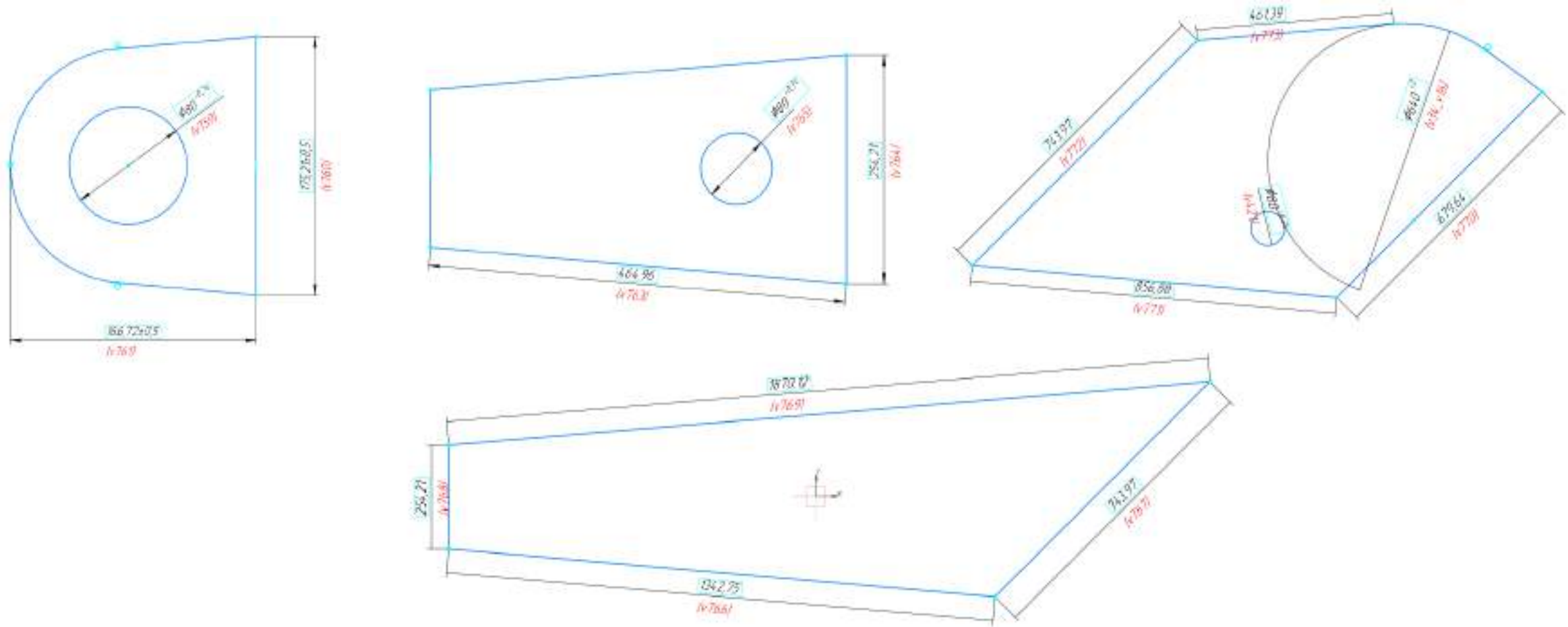


Рис. 3 Эскизы боковины

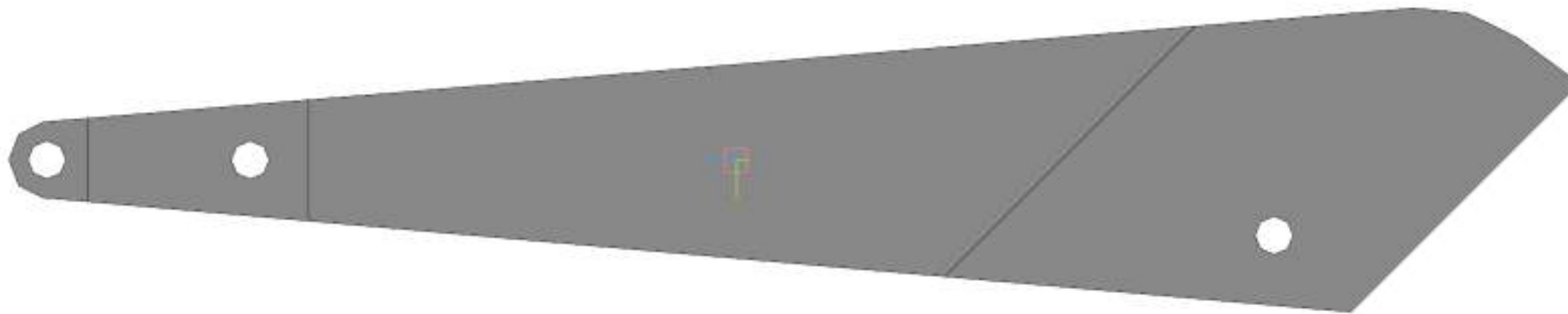


Рис. 4 Деталь «Боковина»

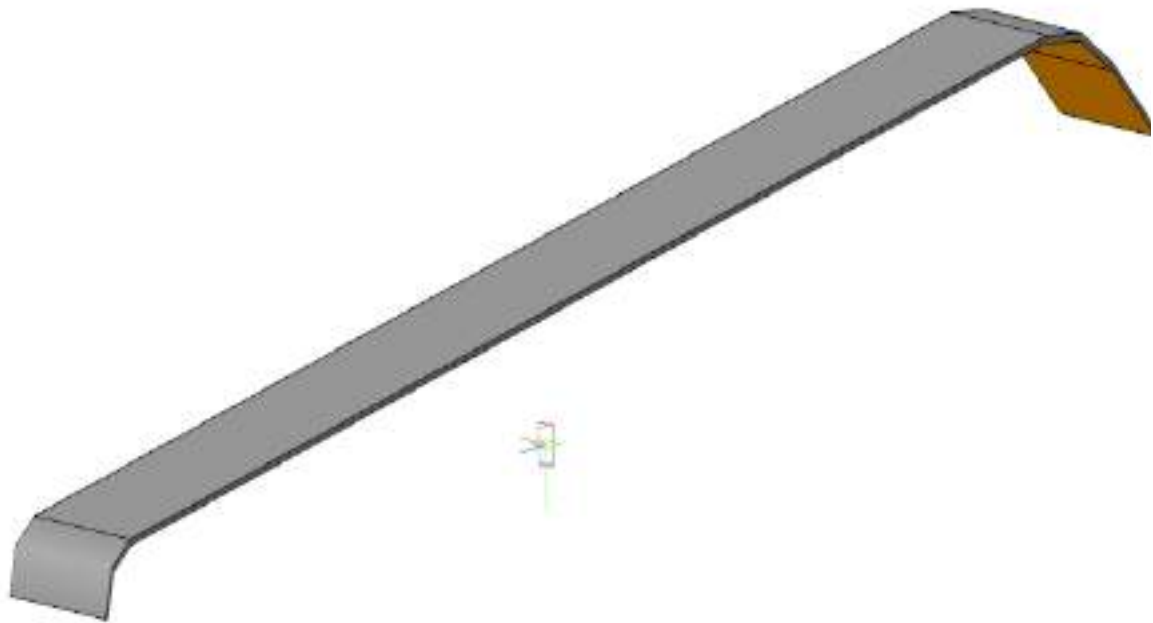


Рис. 5 Деталь «Верхний накрывной лист»

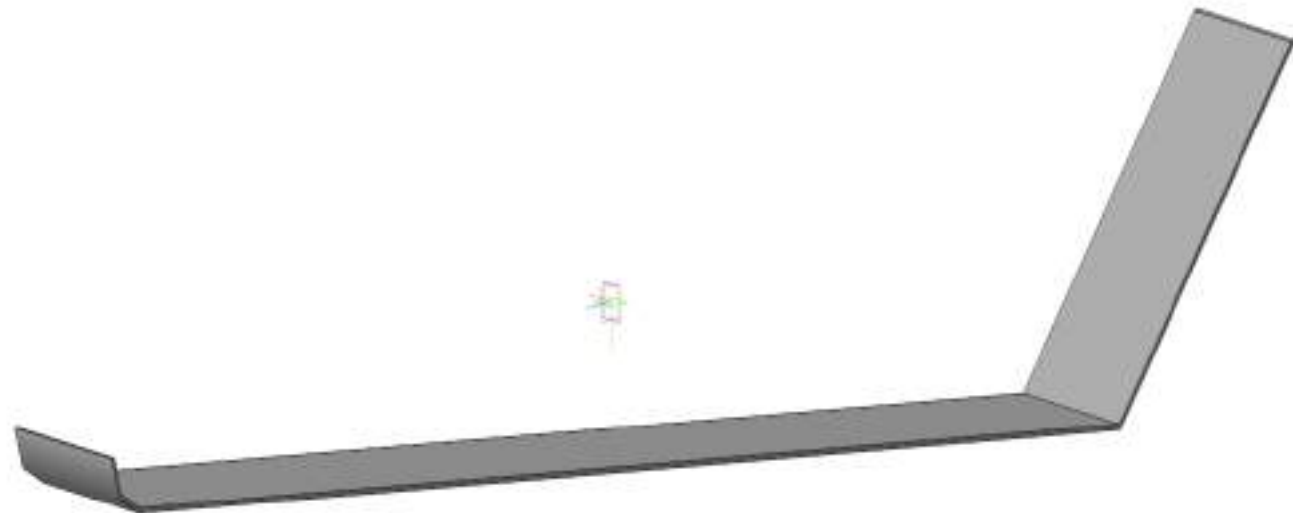


Рис. 6 Деталь «Нижний накрывной лист»

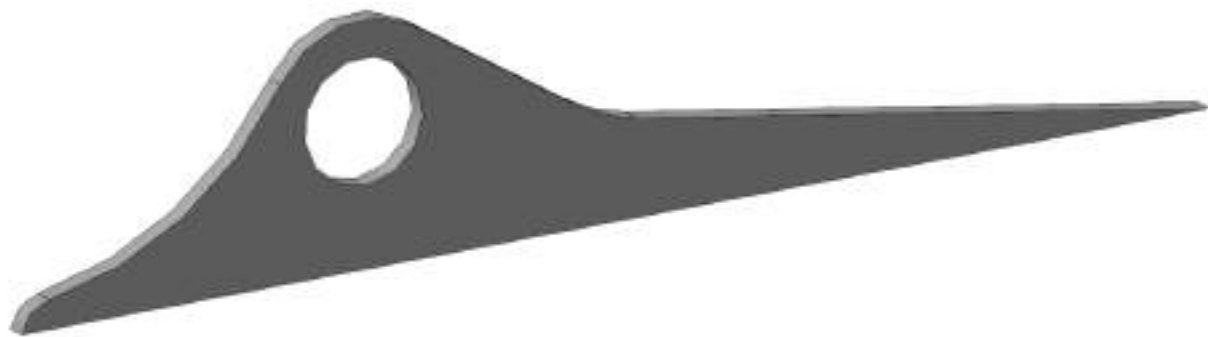


Рис. 7 Деталь «Верхняя проушина»

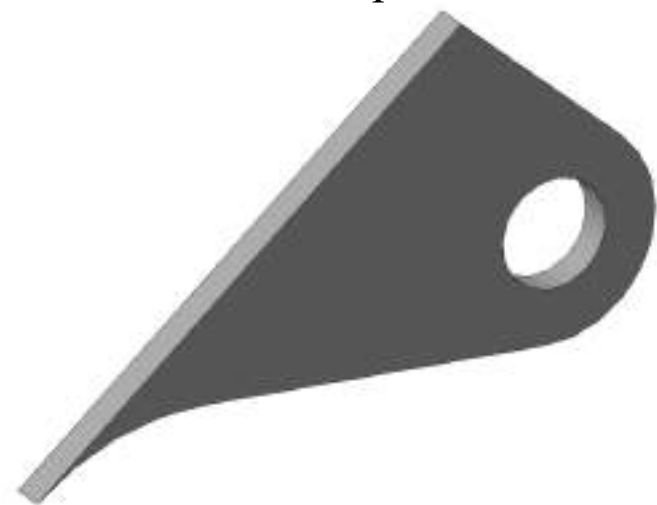


Рис. 8 Деталь «Задняя проушина» ⁷

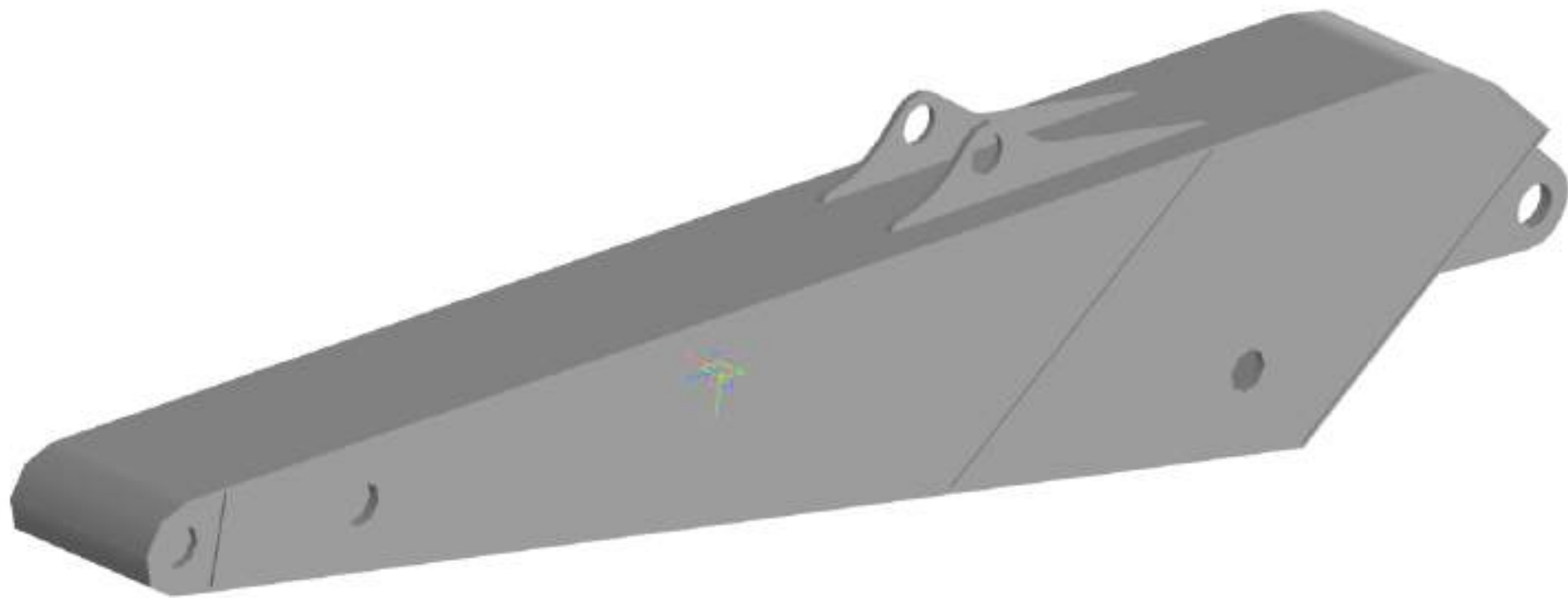


Рис.9 Сборка узла «Рукоять экскаватора»

Расчет внешних нагрузок на узел

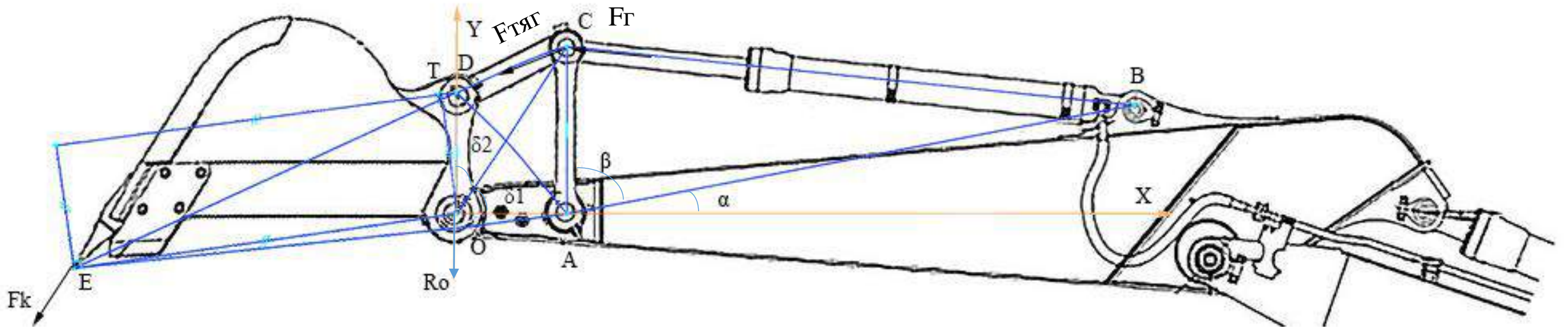


Рис.10 Расчетная схема

$$M_{\Gamma} = F_{\Gamma} \cdot h_{BC} = 574,189 \cdot 510,27 = 2929930,26 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$F_{\text{тяг}} = \frac{M_{\Gamma}}{h_{ACD}} = \frac{292993,026}{513,78} = 57026,7 \text{ Н}$$

$$M_{F_K} = h_K \cdot F_K = 1380,69 \cdot 2401,22 = 3315350,87 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$F_K = \frac{F_{\text{тяг}} \cdot h_{OCD}}{L_{OE}} = \frac{5702,67 \cdot 513,71}{1220} = 24012,2 \text{ Н}$$

$$R_0 = \frac{M_{F_K}}{L_{OD}} = \frac{1380,69 \cdot 2401,22}{413,8} = 64526,1 \text{ Н}$$

Постановка задачи теории упругости

Представленная задача является задачей теории упругости.

1. Уравнения равновесия:

$$\begin{aligned}\frac{\partial \sigma_x}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{xy}}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{xz}}{\partial z} + \rho X &= 0 \\ \frac{\partial \tau_{yx}}{\partial x} + \frac{\partial \sigma_y}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{yz}}{\partial z} + \rho Y &= 0, \\ \frac{\partial \tau_{zx}}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{zy}}{\partial y} + \frac{\partial \sigma_z}{\partial z} + \rho Z &= 0\end{aligned}$$

где X, Y, Z – массовая сила; ρ – плотность; $\sigma_x, \sigma_y, \sigma_z$ – нормальные напряжения; $\tau_{xy}, \tau_{xz}, \tau_{yz}$ – касательные напряжения.

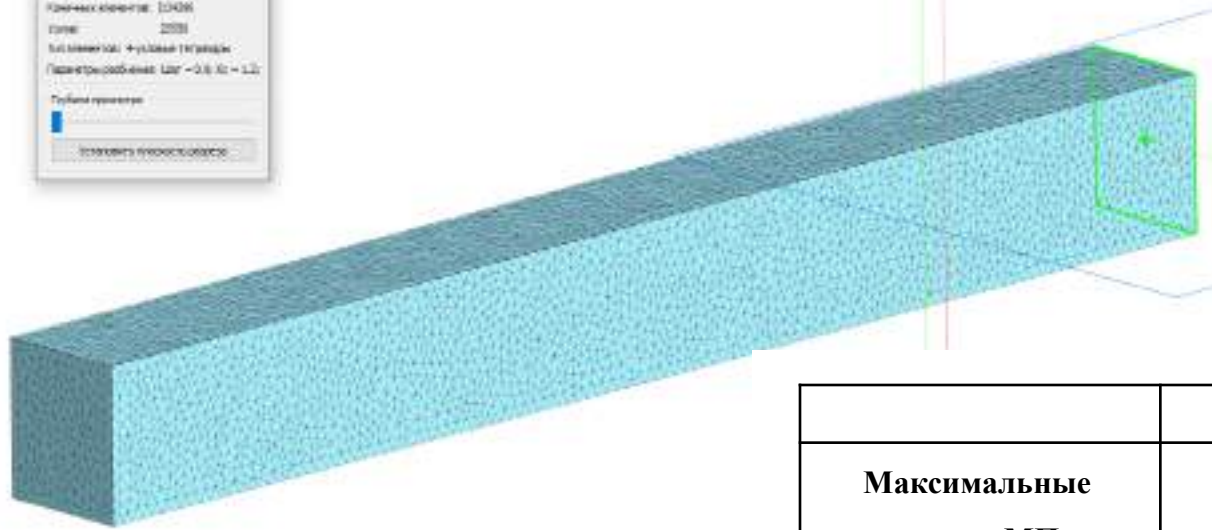
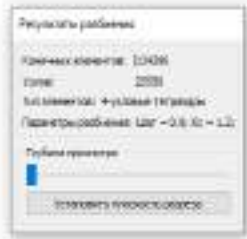
2. Геометрические уравнения:

$$\begin{aligned}\varepsilon_x &= \frac{\partial u}{\partial x} & \varepsilon_{xy} &= \frac{1}{2} \left(\frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \right) \\ \varepsilon_y &= \frac{\partial v}{\partial y} & \varepsilon_{yz} &= \frac{1}{2} \left(\frac{\partial v}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial y} \right), \\ \varepsilon_z &= \frac{\partial w}{\partial z} & \varepsilon_{zx} &= \frac{1}{2} \left(\frac{\partial w}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial z} \right)\end{aligned}$$

где $\varepsilon_x, \varepsilon_y, \varepsilon_z, \varepsilon_{xy}, \varepsilon_{yz}, \varepsilon_{zx}$ – деформации; u, v, w – перемещения вдоль осей x, y, z соответственно.

3. Физические уравнения

$$\begin{aligned}\varepsilon_x &= \frac{1}{E} [\sigma_x - \mu(\sigma_y + \sigma_z)]; & \varepsilon_{xy} &= \frac{\tau_{xy}}{2G} \\ \varepsilon_y &= \frac{1}{E} [\sigma_y - \mu(\sigma_x + \sigma_z)]; & \varepsilon_{yz} &= \frac{\tau_{yz}}{2G} \\ \varepsilon_z &= \frac{1}{E} [\sigma_z - \mu(\sigma_x + \sigma_y)]; & \varepsilon_{zx} &= \frac{\tau_{xz}}{2G}\end{aligned}$$



Для того, чтобы убедиться в правильности и достоверности полученных результатов в программе КОМПАС-3D с помощью библиотеки АРМ FEM необходимо провести тестовый расчет статически-определимой консольной балки, как аналитически, так и в программе.

	Аналитически	АРМ FEM
Максимальные напряжения, МПа	60,24	60,31

Рис. 11 Результат создания сетки

$$\sigma = \frac{M_{max}}{W_x} = \frac{10(\text{Н} \times \text{м})}{1,66} = 60,24 \text{ МПа}$$

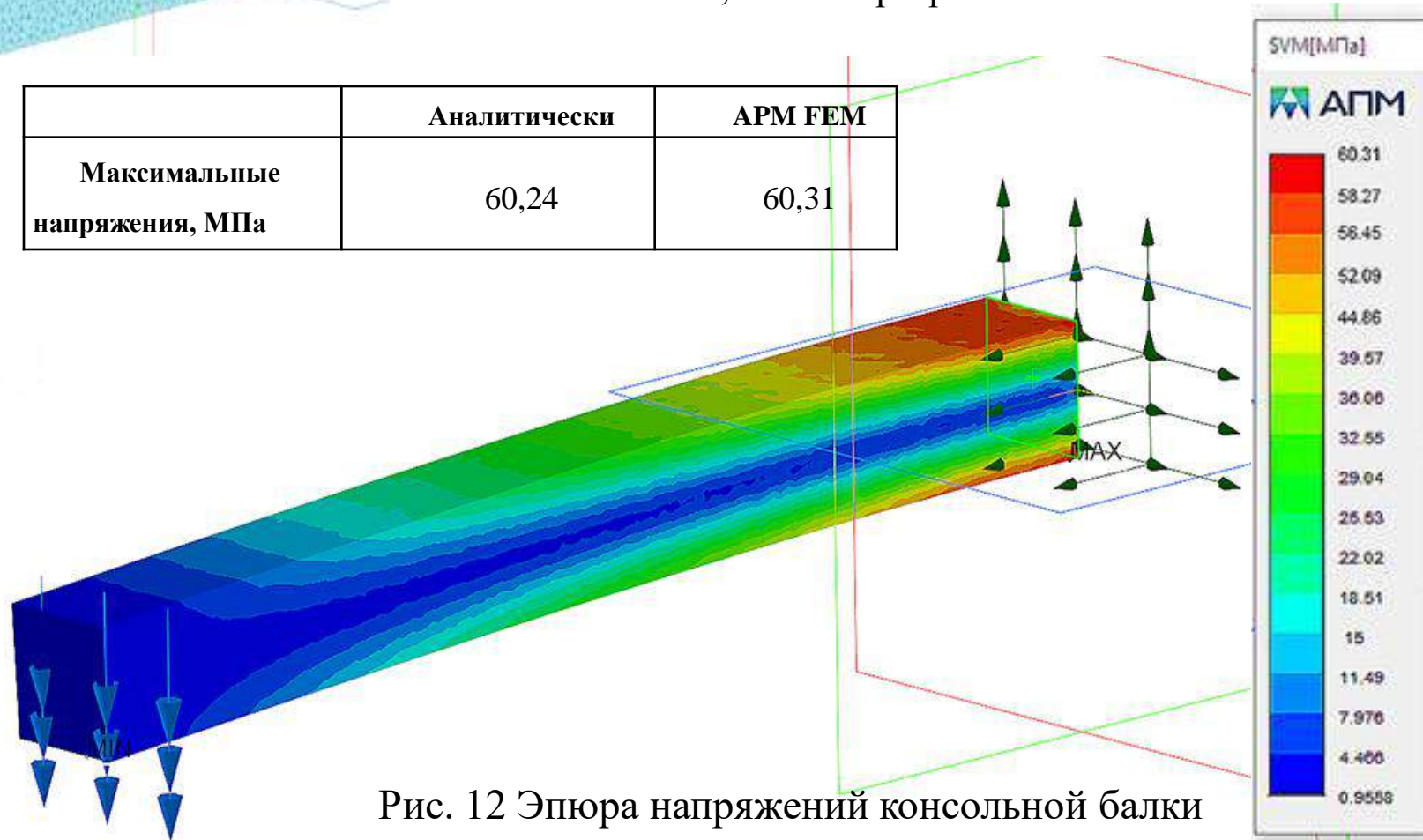


Рис. 12 Эпюра напряжений консольной балки и численные результаты

Расчет узла «Рукоять экскаватора» в АРМ FEM

Граничные условия

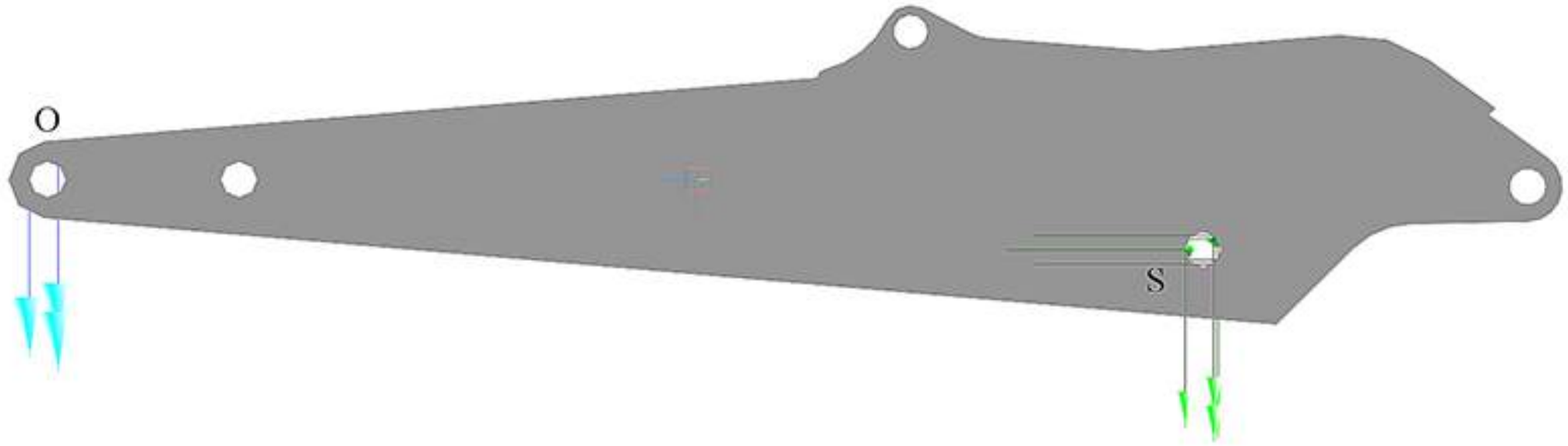


Рис. 13 Граничные условия узла

Совпадающие поверхности

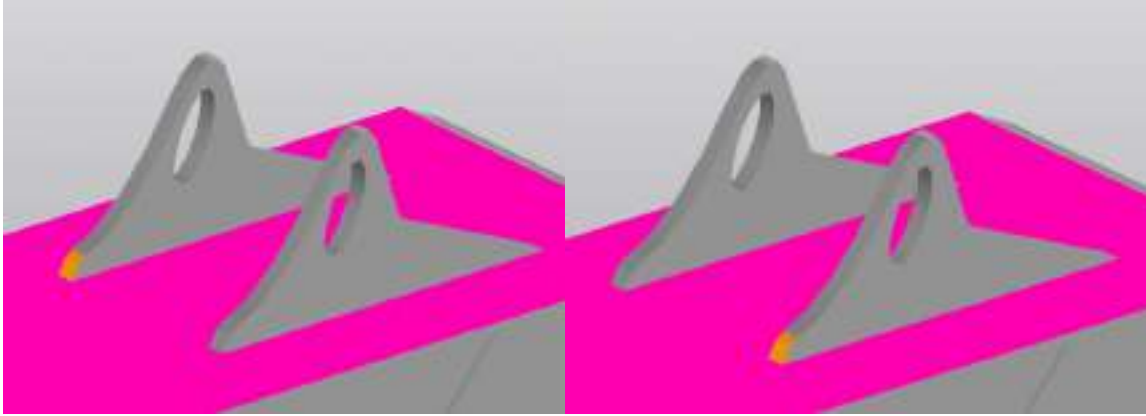


Рис. 14 Закрепление ВНЛ и проушин

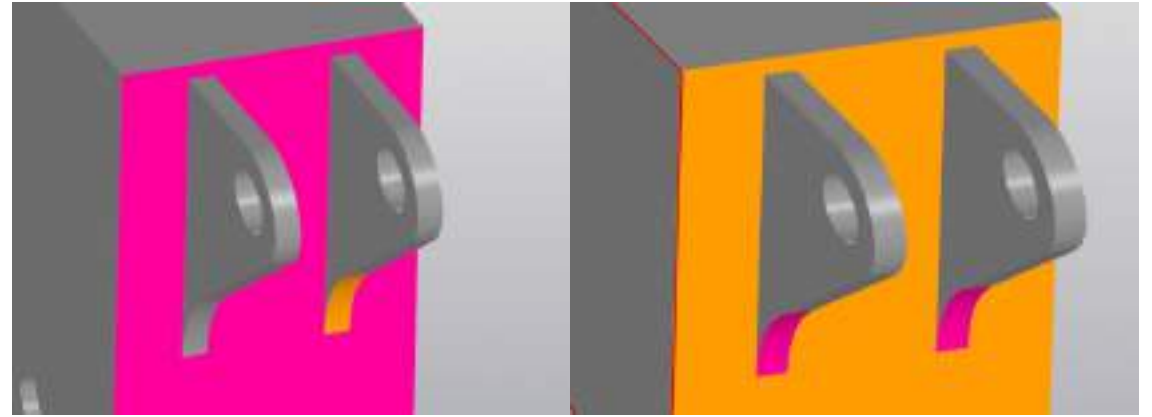


Рис. 15 Закрепление ННЛ и Задних проушин

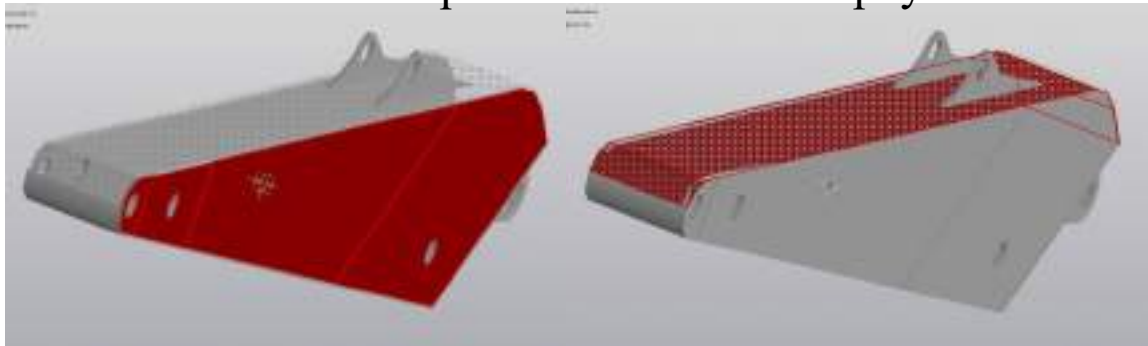


Рис. 16 Закрепление Боковины и ВНЛ

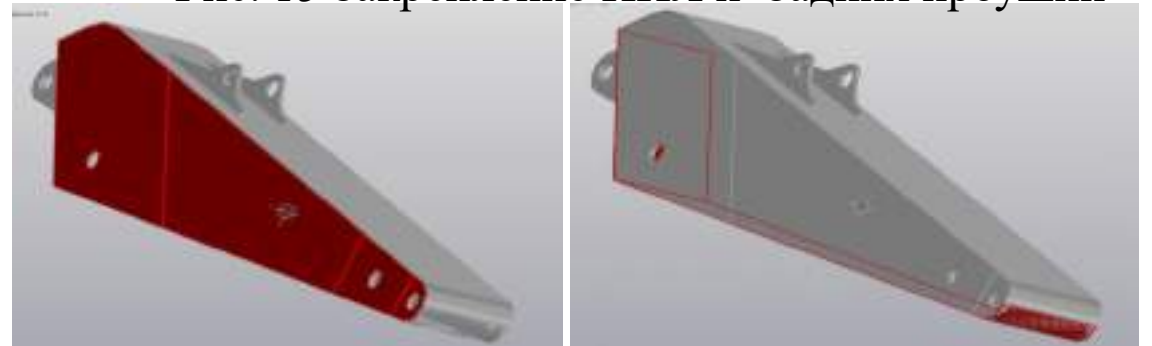


Рис. 17 Закрепление Боковины и ННЛ

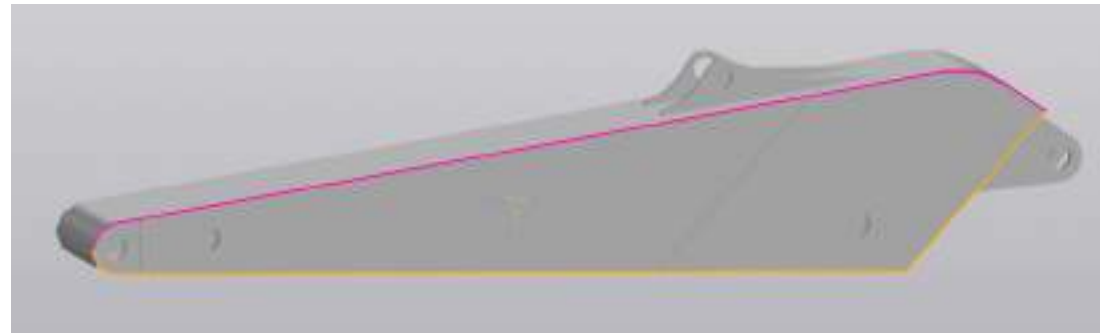


Рис. 18 Закрепление накрывных листов

Генерация КЭ сетки

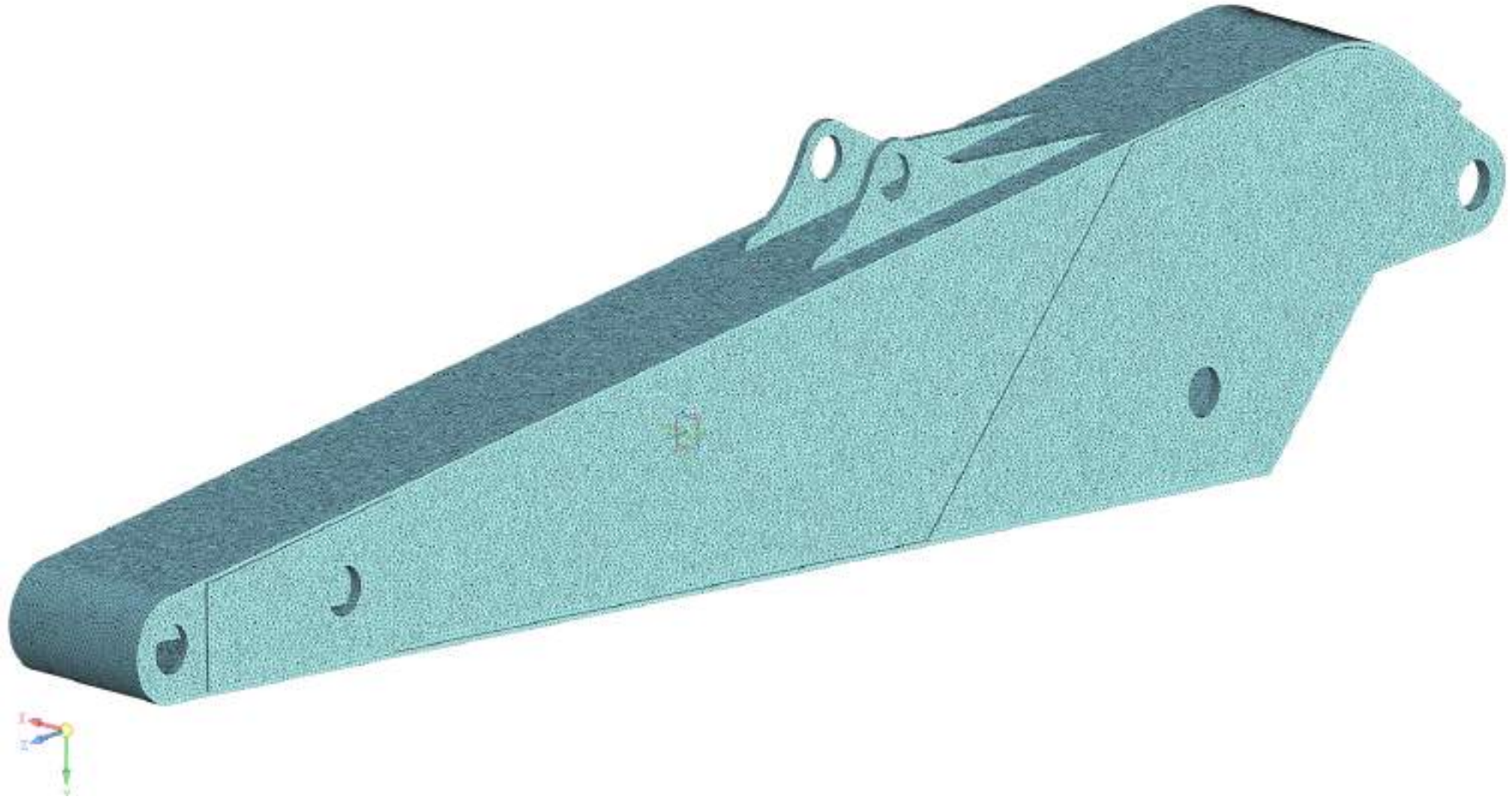


Рис. 19 Результат создания сетки

Расчет напряженно-деформированного состояния узла

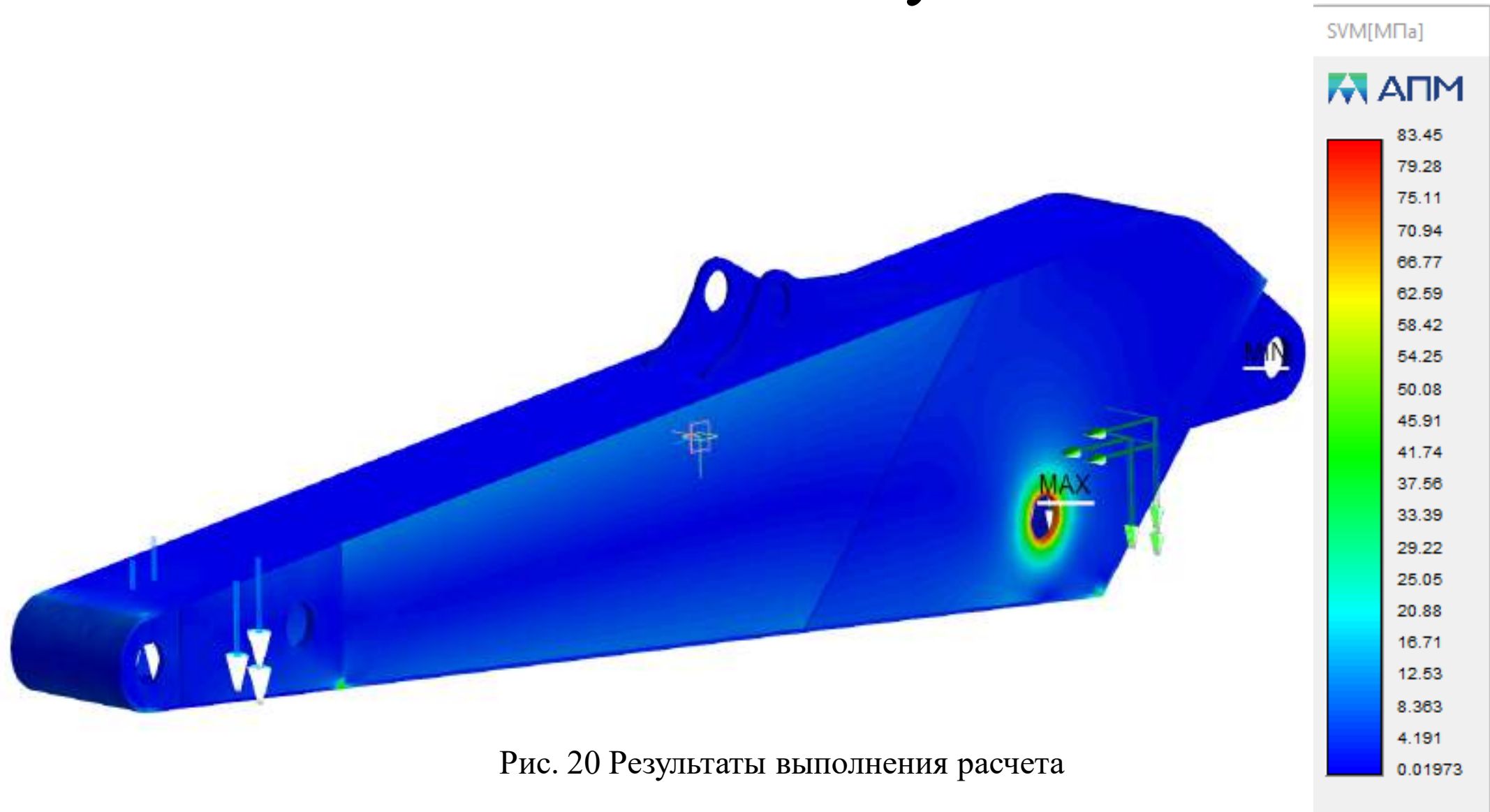


Рис. 20 Результаты выполнения расчета

Анализ полученных результатов

Нагрузка Н	64526,1	101001,1	174526,1	224526,1
Напряжения МПа	83,45	131,8	232,5	246,9

После данных, полученных в APM FEM, при приложении рассчитанного нагружения, можно сделать вывод, что рукоять выдержит более высокие показатели. Проведем еще несколько расчетов и посмотрим на результаты.

Следует отметить, что после увеличения нагрузки максимальное напряжение выросло с 83,45 МПа (при нагрузке 64526,1 Н) до 131,8 МПа (при нагрузке 101001,1 Н). Однако полученное напряжение меньше допустимого напряжения для стали данной марки, равного 135 МПа.

Заключение

В результате проделанной работы был проведен литературный обзор одноковшовых экскаваторов, их общих сведений, областей применения, принципов работы, составных частей, рабочих и сменных органов. проведен расчет внешних нагрузок на узел, разработана компьютерная 3D сборка модели узла «Рукоять экскаватора» в программном комплексе КОМПАС-3D. Выполнены расчеты напряженно-деформированного состояния узла при разных значениях нагружения. Благодаря этому удалось выявить, что конструкция имеет высокий запас прочности и выдержит более высокие нагрузки, а именно – 10100 кг. Также были выданы рекомендации по эксплуатации узла «Рукоять экскаватора».