

ПРИМЕНЕНИЕ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА ANSYS v12 ДЛЯ РАСЧЕТНОГО СРАВНЕНИЯ КОНСТРУКТИВНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ КРЫШЕК ЯИЧНЫХ ЛОТКОВ В УСЛОВИЯХ БОЛЬШИХ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ.

Педиков А.В., Щедривый К.В., Манабаев К.К. (НИ ТПУ, ТПИМ)
Томский политехнический университет
634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина 30
E-mail: avp77@rambler.ru; kosimm@mail.ru; kai1985@mail.ru

В настоящее время расчет многих научных задач проводится с помощью ЭВМ, что позволяет путем компьютерной имитации различных экспериментов снизить трудоемкость, дороговизну и временные затраты. Значительное удобство при разработке и проектировании деталей машин и элементов конструкций представляют системы автоматизированного проектирования, для которых в настоящее время основным недостатком является сложность создания адекватной компьютерной модели поведения нагруженного материала, учитывающей как особенности структуры материала, так и ее эволюцию при нагружении.

В настоящей работе показаны возможности программного комплекса ANSYS v12 для расчетного сравнения конструктивных особенностей двух вариантов крышек яичных лотков со всеми вытекающими достоинствами и недостатками рассматриваемых моделей.

1 Материал и методика исследования

Для сравнительного анализа были взяты два разных вида крышек. Данным крышкам присвоены номера (далее используем обозначение №1 и № 2). В соответствии с чертежами (рисунок 1 и рисунок 2), полученными при непосредственном измерении натуральных образцов, были построены трехмерные модели исследуемых крышек (рисунок 3а, 3б), которые в свою очередь применялись в качестве моделей в Ansys. В расчетных моделях отсутствуют два боковых элемента, фиксирующих крышку в бугорчатой таре снизу. Данное допущение справедливо по причине того, что эти элементы не являются опорами и не воспринимают нагрузки. Также в процессе упаковывания данные элементы сильно деформируются (сминаются) и не влияют на жесткость конструкции.

Для создания близкой к реальности компьютерной модели нагружения была построена бугорчатая тара (рисунок 3в), выполненная с некоторыми изменениями. Нижняя часть лотка осталась неизменной с сохранением реального профиля поверхности, а верхняя часть модели выполнена в виде плоскости, к которой в процессе нагружения будет прикладываться распределенная экспериментальная нагрузка. Указанное изменение не искажает реальные условия нагружения, т.к. бугорчатая тара имеет систему перекрестных ребер жесткости.

Расчет проводился в программном модуле ANSYS v.12.

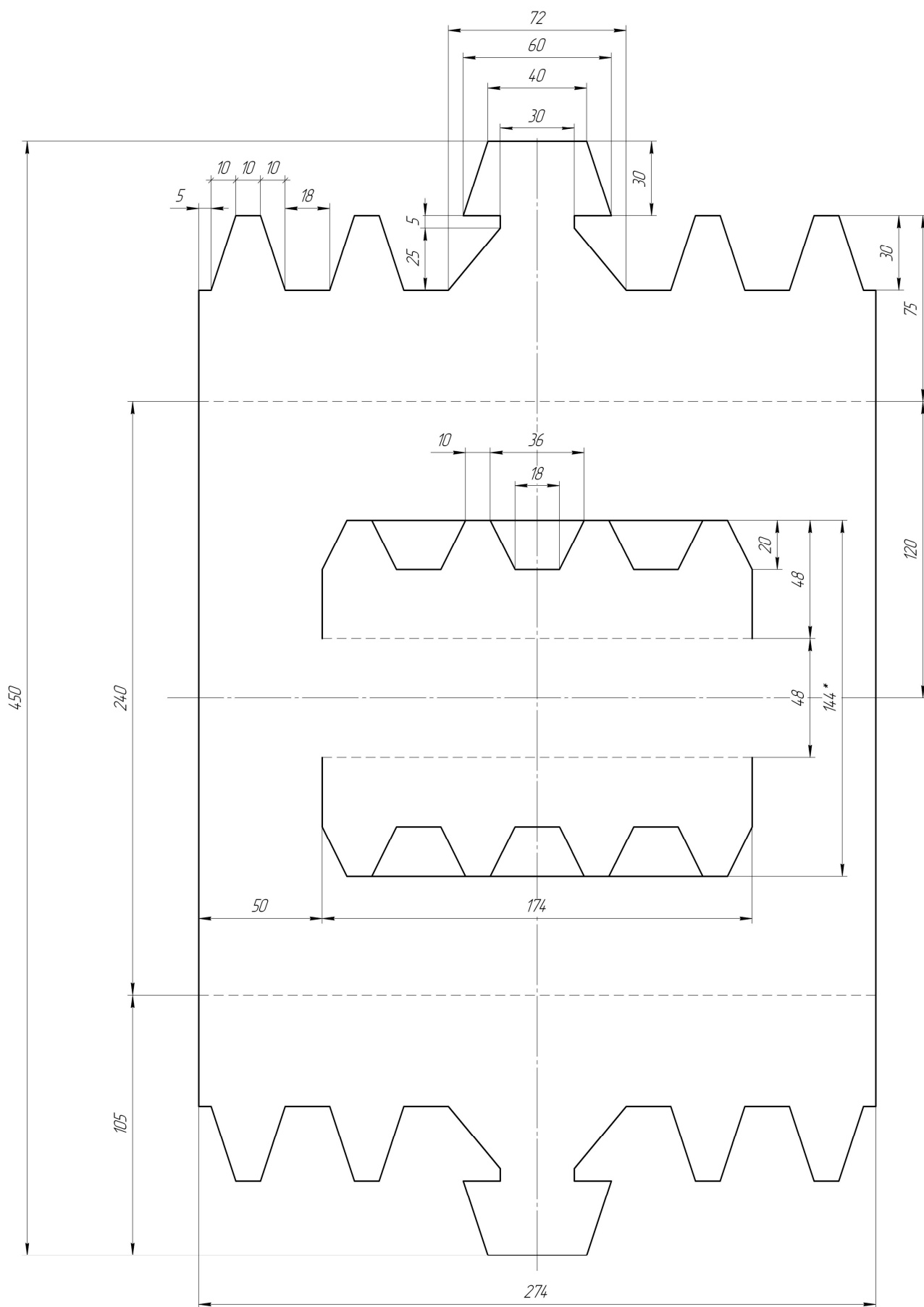


Рисунок 1 Чертеж крышки №1

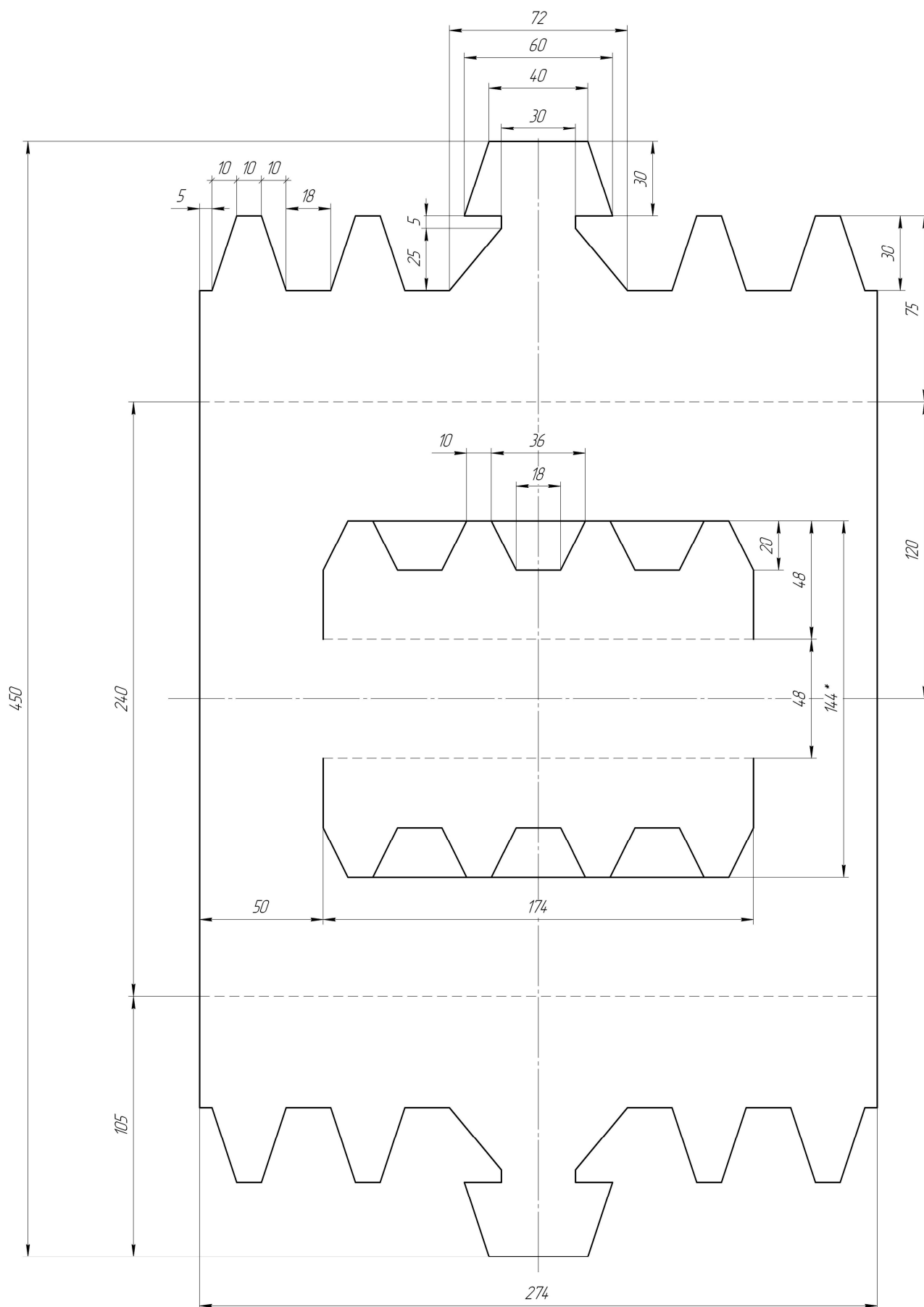


Рисунок 2 Чертеж крыши №2

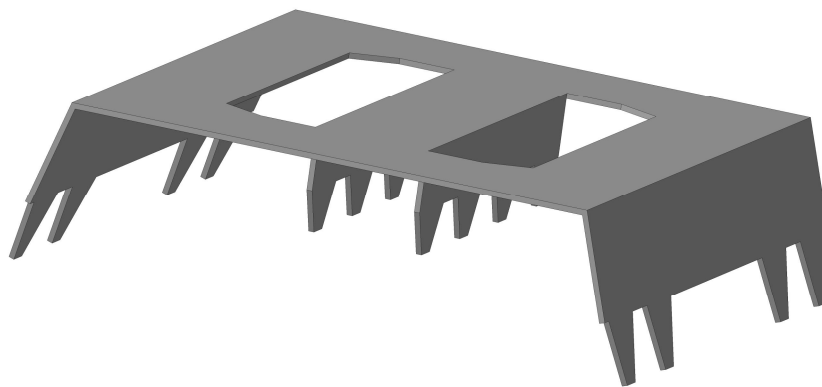
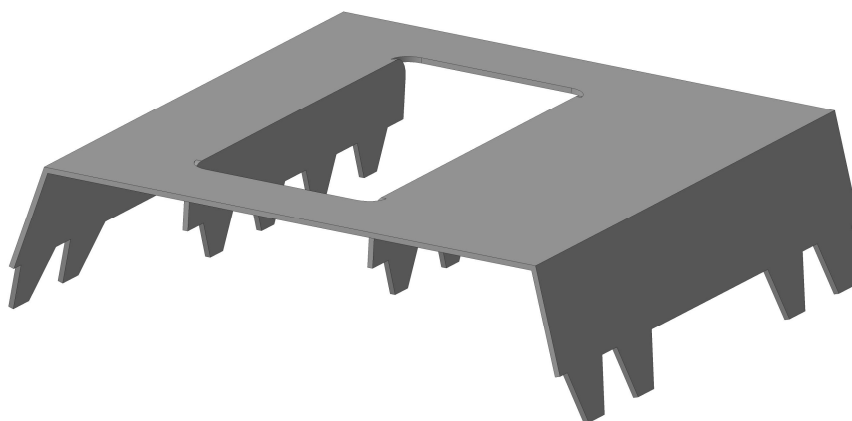
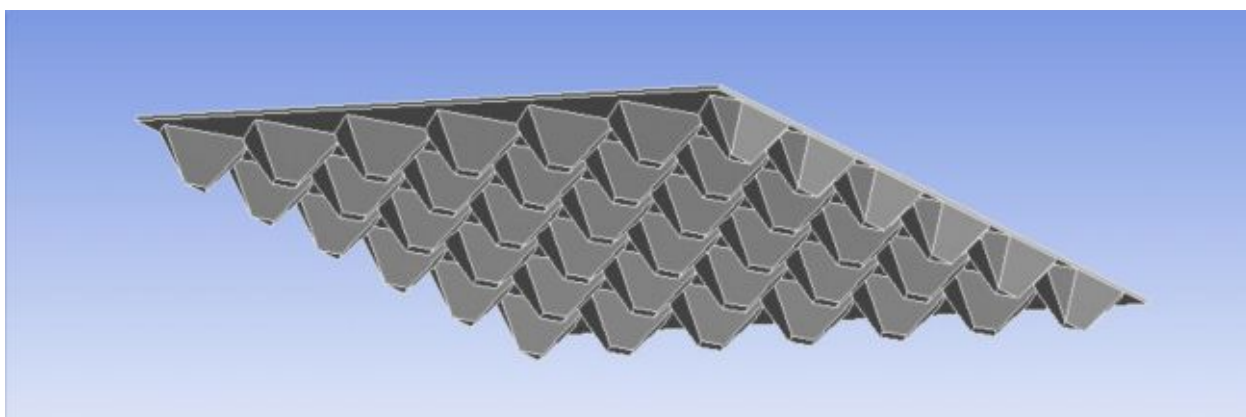
*a**б**в*

Рисунок 3 Трехмерные модели, используемые для теоретического исследования:

a – крышка №1; *б* – крышка №2; *в* – бугорчатая, видоизмененная ячейка.

2 Порядок проведения исследования

В качестве опорных поверхностей рассчитываемых моделей использовались вершины внешних зубьев, т.к. именно ими крышка фиксируется в подкладке (рисунок 4), а также впадины внутренних зубьев, т.к. ими ребра опираются на подкладку. Боковые и нижние поверхности зубьев внутренних в качестве опор не использовались, т.к. ребра в процессе транспортировки могут смещаться от строго вертикального положения.

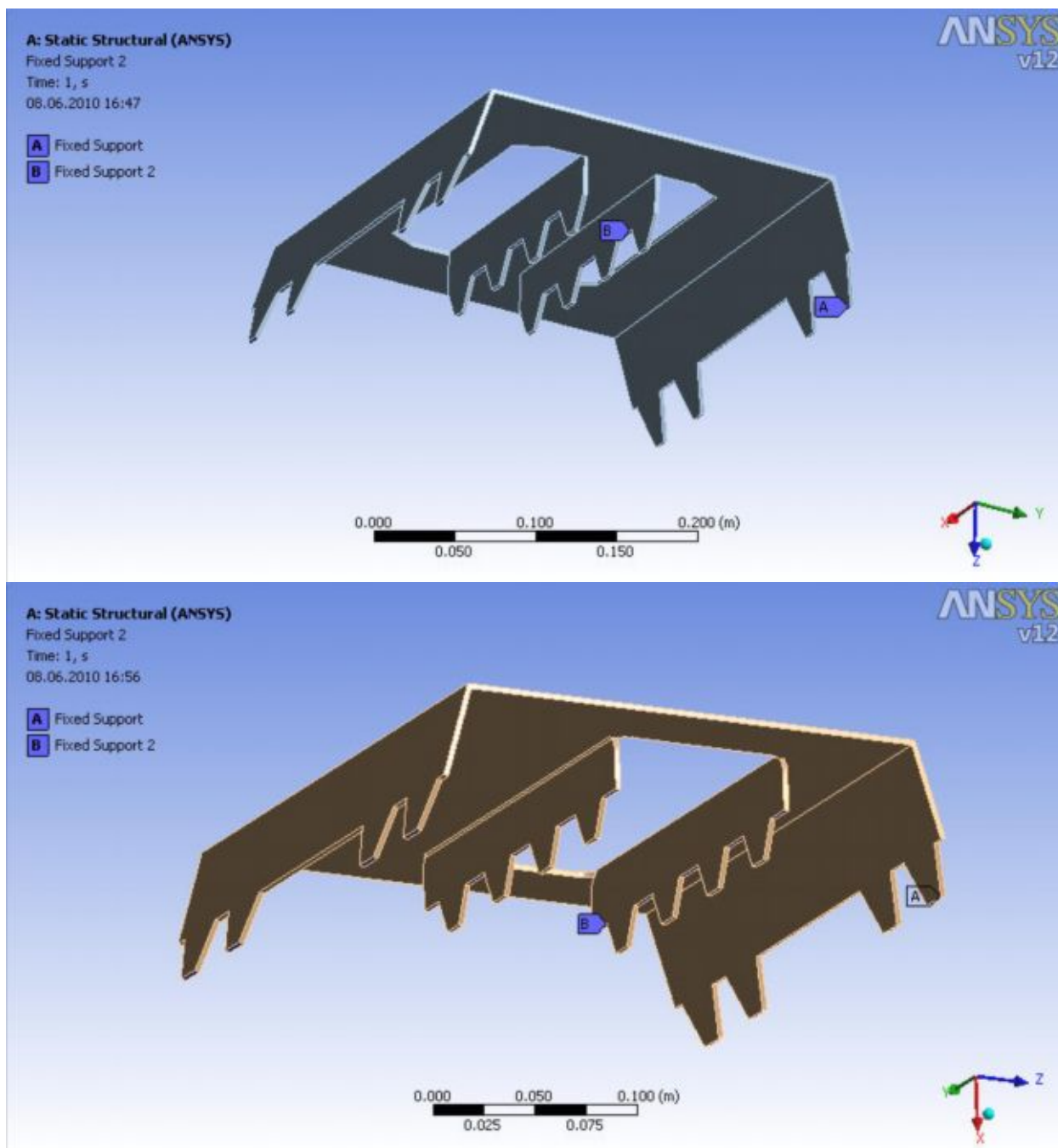


Рисунок 4 Опорные поверхности крышек:
А – на внешних опорах, В – на внутренних опорах.

Далее был смоделирован контакт двух тел (крышки и ячейки). Затем на верхнюю поверхность модели бугорчатой тары было приложено давление, вызывающее вертикальное нагружение исследуемого образца. Таким образом, была создана максимально адекватная модель нагружения крышек.

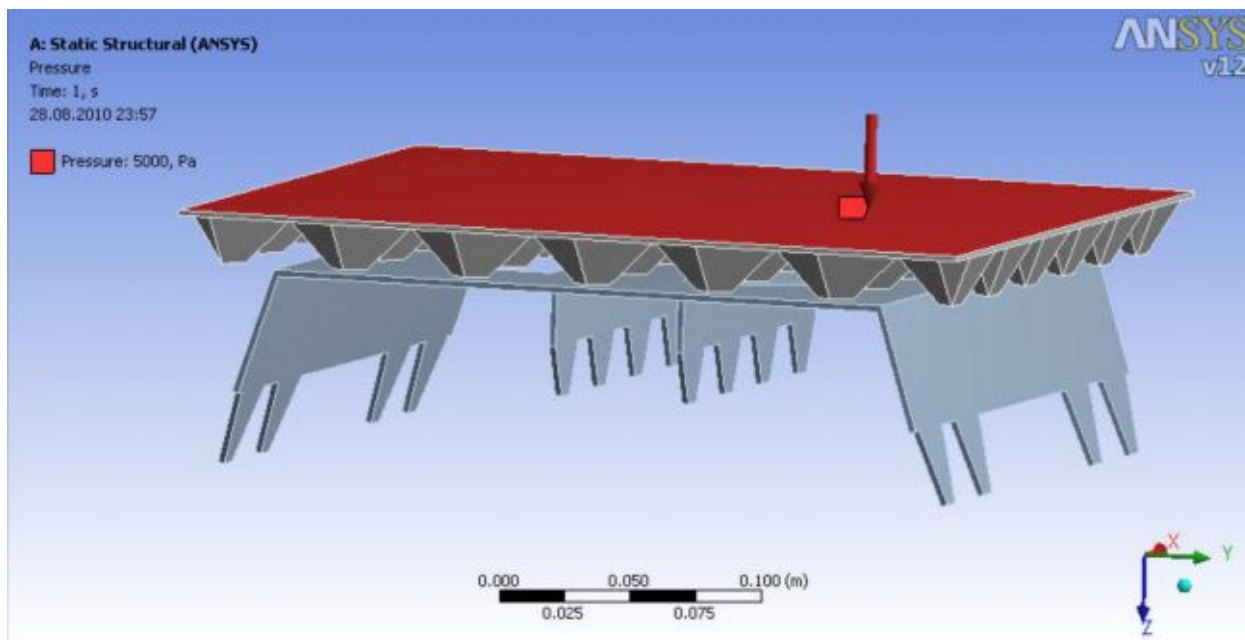


Рисунок 5 Модель нагружения крышек

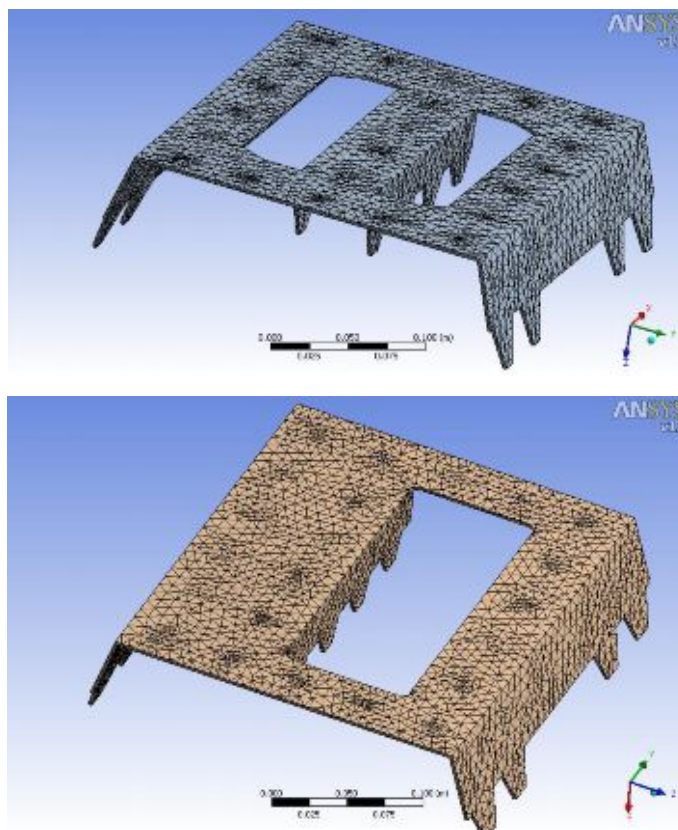
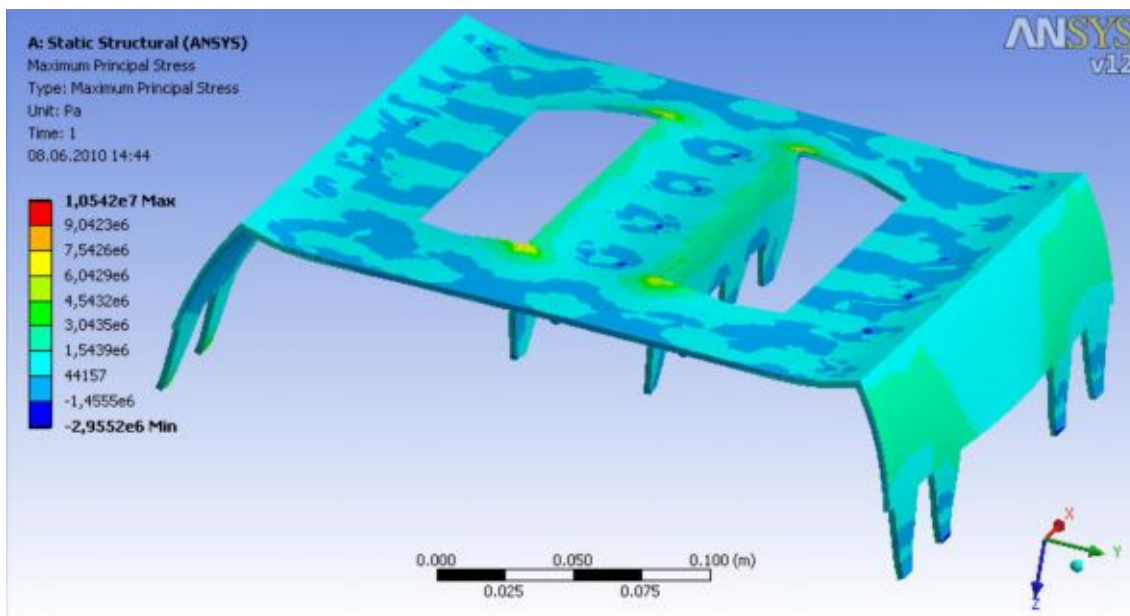


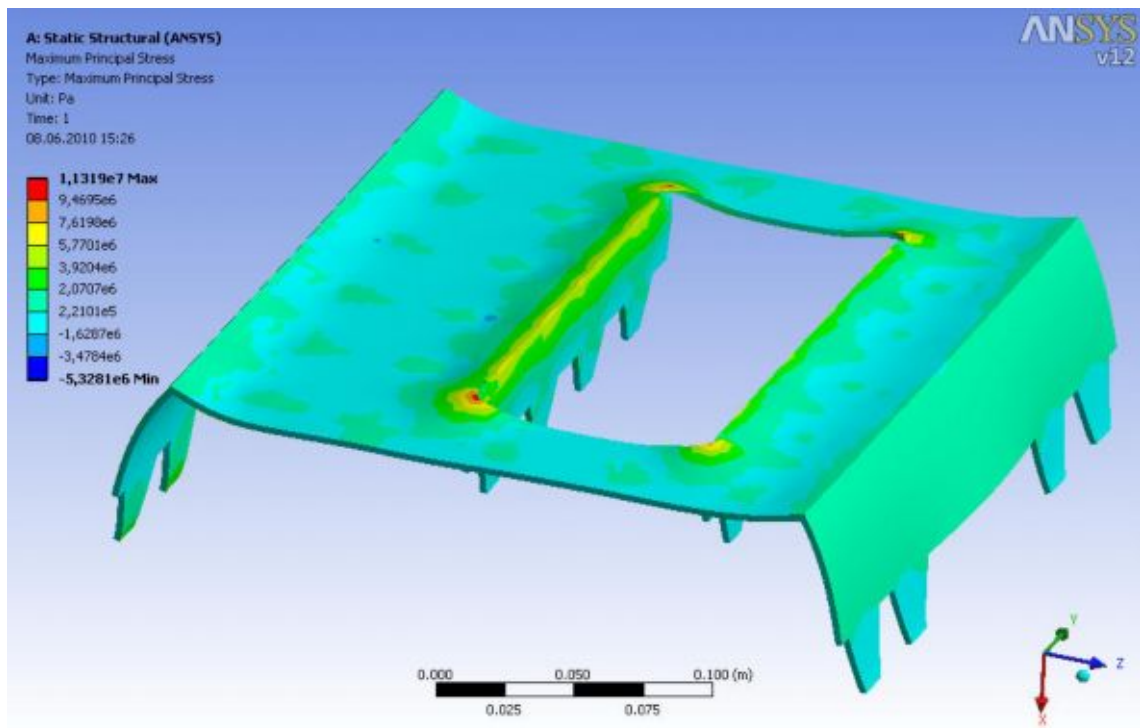
Рисунок 6 Схема разбиения крышек программой на конечные элементы

3 Результаты расчета

Для того, чтобы исключить влияние качества материала, используемого для изготовления крышек, были проведены расчеты, в которых при постоянной величине давления ($p=5000$ Па) изменялась величина модуля упругости от 300 до 500 МПа (через 50 МПа).



a



б

Рисунок 7 Распределение главных напряжений в крышках при нагрузке 5 кПа:

а – крышка №1; б – крышка №2.

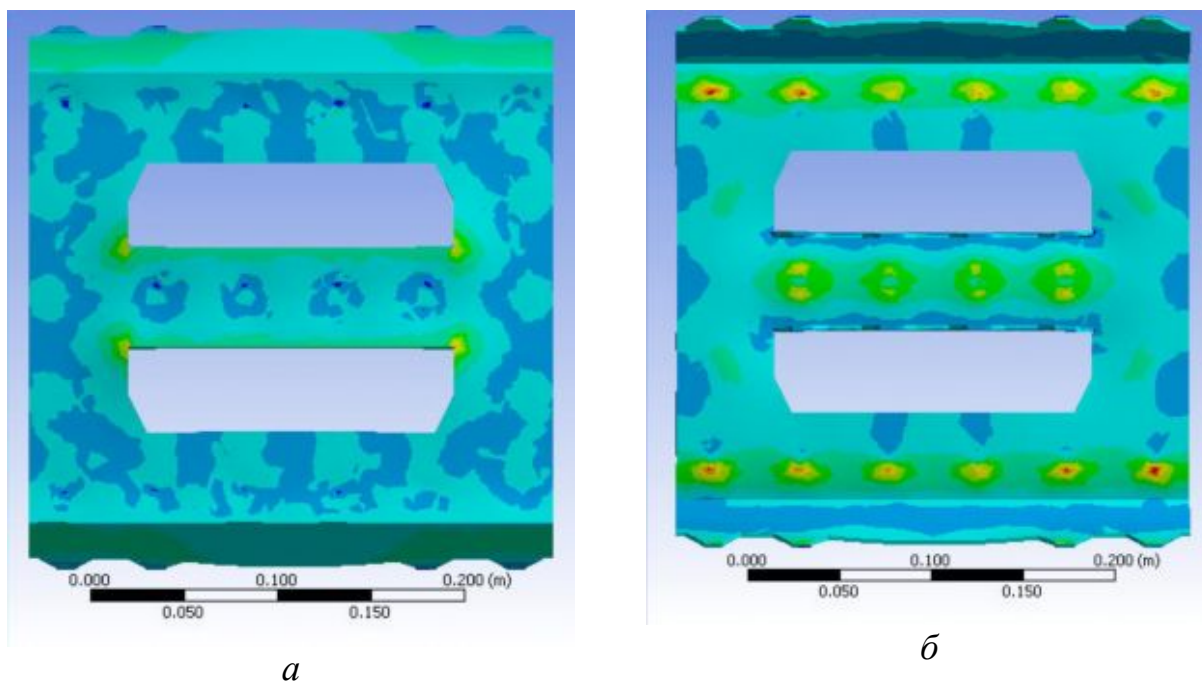


Рисунок 8 Распределения главных напряжений в крышке №1 при нагрузке 5 кПа:
a – вид сверху; *б* – вид снизу.

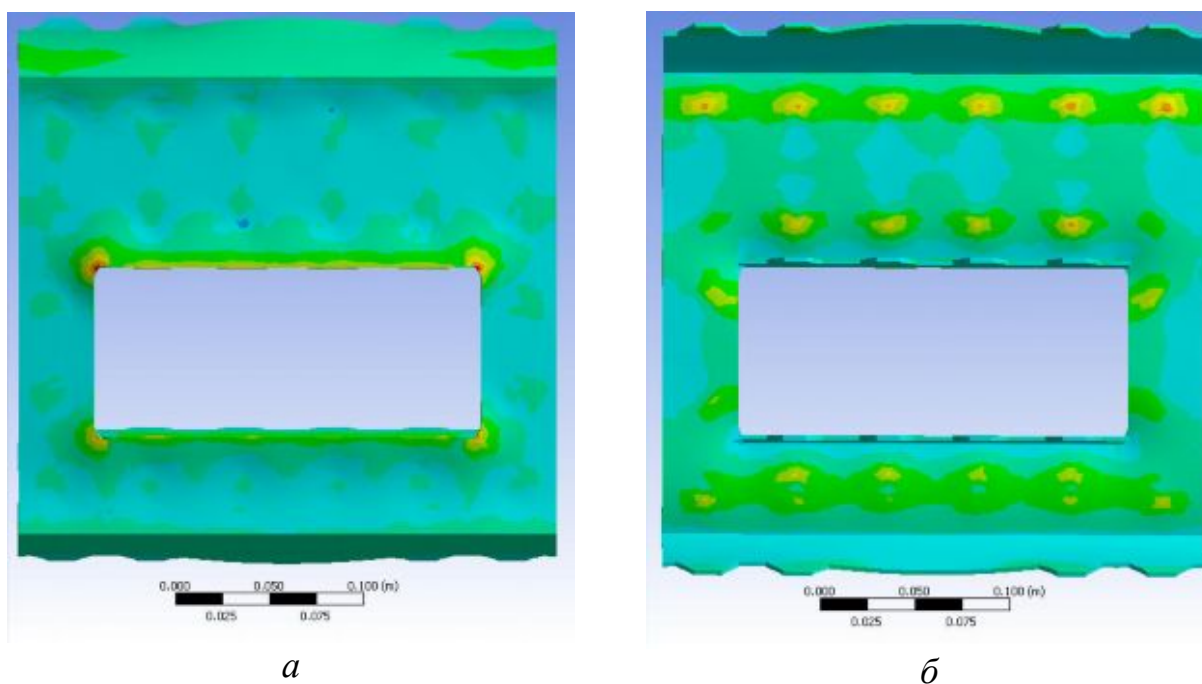
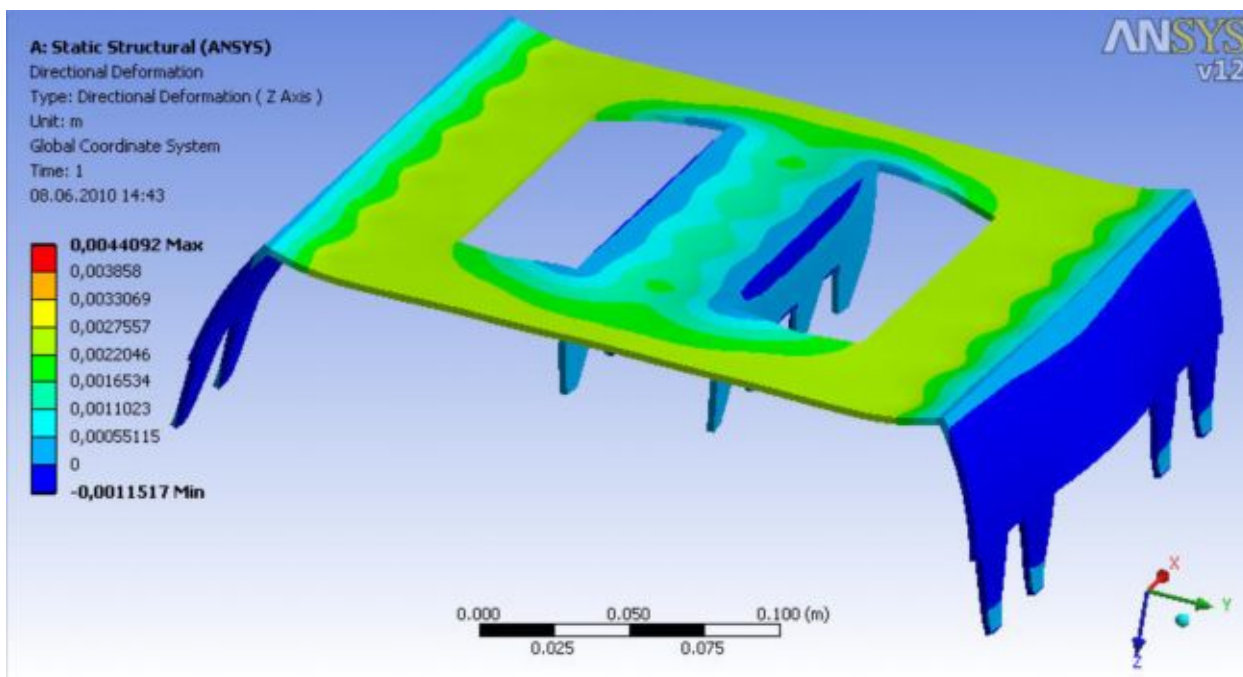
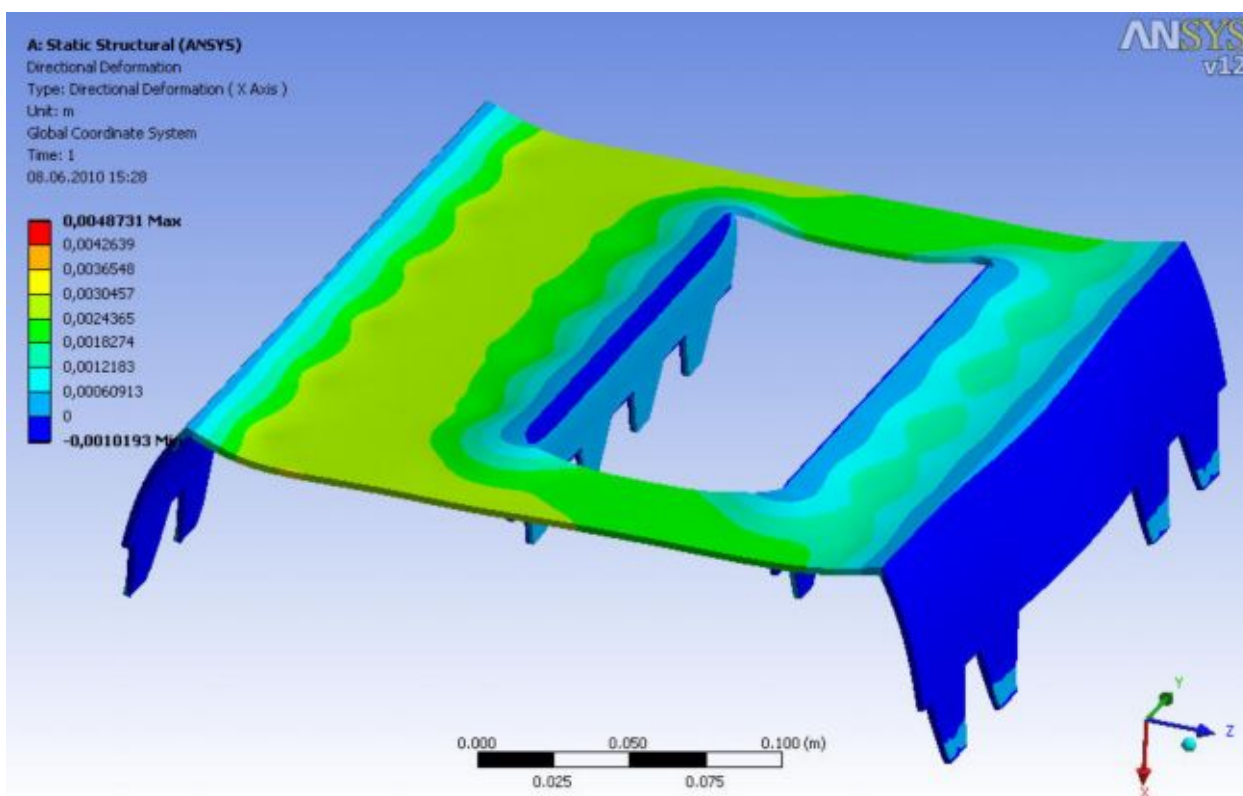


Рисунок 9 Распределения главных напряжений в крышке №2 при нагрузке 5 кПа:
a – вид сверху; *б* – вид снизу.

Для того чтобы выяснить поведение крышек под действием различных нагрузок был проведен ряд численных экспериментов с увеличением нагрузки при неизменной величине модуля упругости. В указанных случаях он составлял 400 МПа, нагрузка изменялась от 4000 до 6000 Па (через 500 Па). На рисунках 10 и 11 представлены деформации и напряжения, характерные для каждой из крышек.



a



б

Рисунок 10 Вертикальные перемещения участков крышек при нагрузке 9 кПа:

а – крышка №1; б – крышка №2.

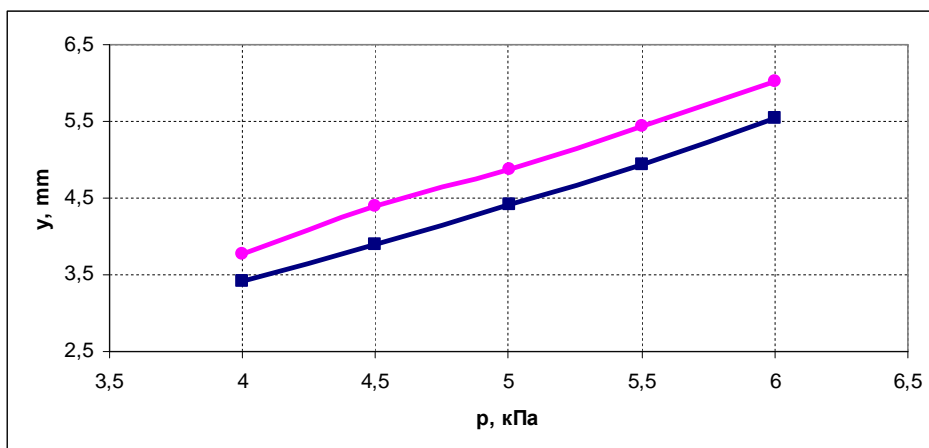
Результаты исследования представлены в таблицах 1 и 2. По данным таблиц были построены зависимости, представленные на рисунках 11, 12. Из графиков видно, что вертикальные перемещения крышки №1 незначительно превышают перемещения крышки №2. Однако напряжения, как минимальные, так и максимальные, для крышки №1 предпочтительнее, т.к. их величина по модулю меньше.

Таблица 1 Максимальные значения прогибов и напряжений в крышках под действием сжимающих нагрузок разной величины при $E = 400$ МПа .

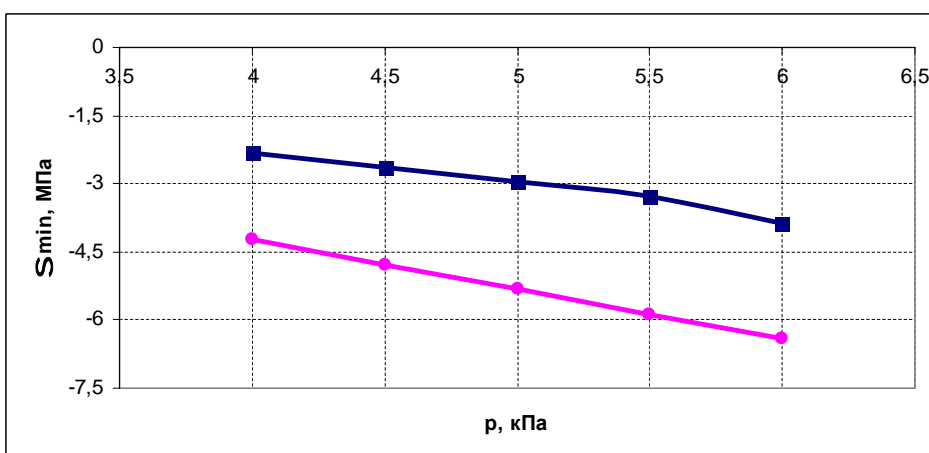
Давление p , кПа	Модель №1			Модель №2		
	Максимальные перемещения y_{\max} , мм	Минимальные главные напряжения, σ_{\min} , МПа	Максимальные главные напряжения, σ_{\max} , МПа	Максимальные перемещения y_{\max} , мм	Максимальные сжимающие напряжения, σ_{\min} , МПа	Максимальные растягивающие напряжения, σ_{\max} , МПа
4,0	3,41	-2,32	8,24	3,78	-4,23	8,88
4,5	3,90	-2,63	9,38	4,39	-4,78	9,92
5,0	4,41	-2,96	10,54	4,87	-5,33	11,32
5,5	4,94	-3,28	11,71	5,44	-5,87	12,78
6,0	5,54	-3,89	12,92	6,03	-6,42	14,29

Таблица 2 Максимальные значения прогибов и напряжений в крышках под действием сжимающих нагрузок при $p = 5$ кПа и различных механических свойствах материала крышек.

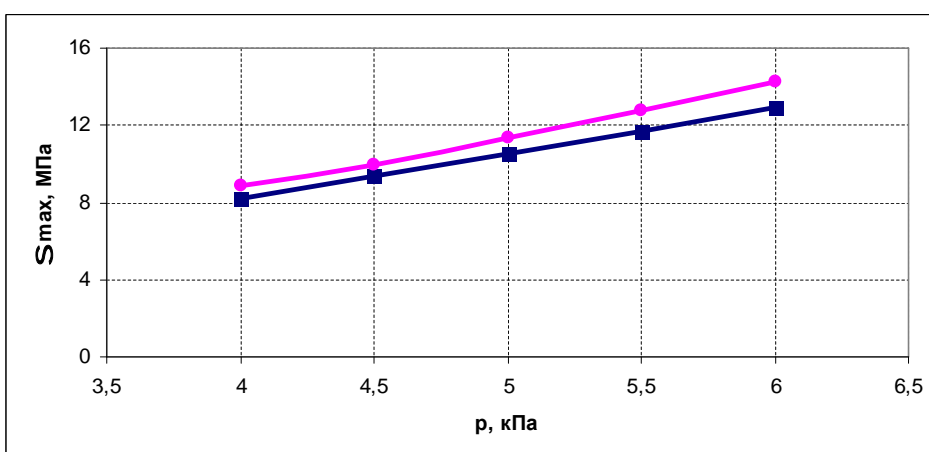
Модуль Упругости E , МПа	Модель №1			Модель №2		
	Максимальные перемещения y_{\max} , мм	Минимальные главные напряжения, σ_{\min} , МПа	Максимальные главные напряжения, σ_{\max} , МПа	Максимальные перемещения y_{\max} , мм	Минимальные главные напряжения, σ_{\min} , МПа	Максимальные главные напряжения, σ_{\max} , МПа
300	5,59	-3,28	10,68	6,23	-5,25	11,98
350	4,89	-3,08	10,61	5,44	-5,29	11,59
400	4,41	-2,96	10,54	4,87	-5,33	11,32
450	4,05	-2,96	10,48	4,45	-5,36	11,13
500	3,77	-2,96	10,44	4,09	-5,40	11,00



а



б



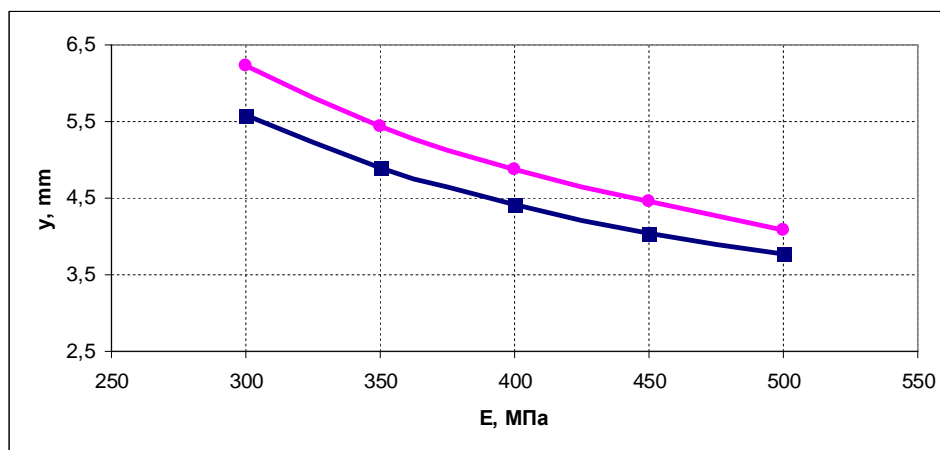
в

Рисунок 11 Зависимости параметров от величины нагрузки:

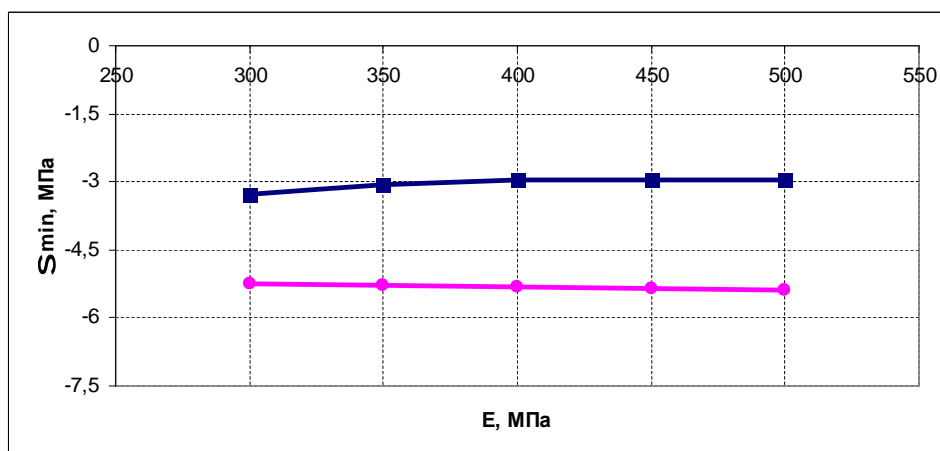
а) $y_{\max} = f(p)$; б) $\sigma_{\min} = f(p)$; в) $\sigma_{\max} = f(p)$;

—■— — модель №1

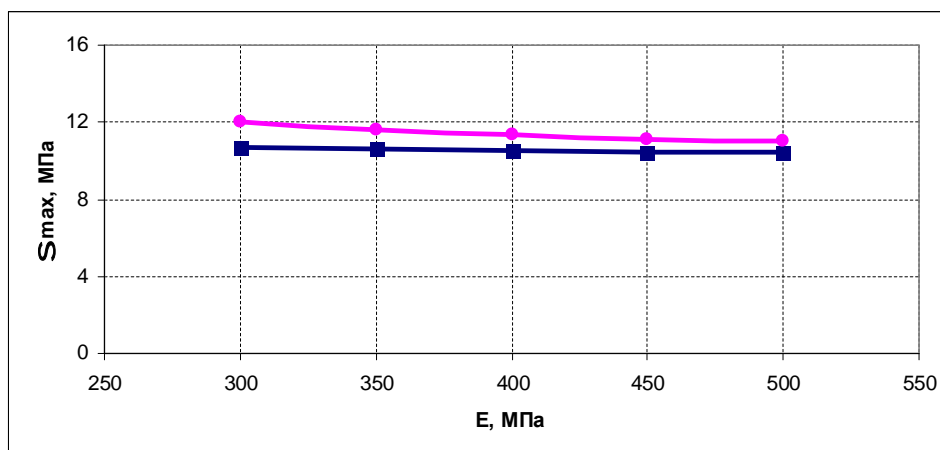
—●— — модель №2



а



б



в

Рисунок 12 Зависимости параметров от материала (модуль упругости E):

$$\text{а) } y_{\max} = f(E); \quad \text{б) } \sigma_{\min} = f(E); \quad \text{в) } \sigma_{\max} = f(E);$$

- — модель №1
- — модель №2