

Шрубченко И. В., д-р техн. наук,
Мурыгина Л. В., аспирант,
Рыбалко В. Ю., аспирант,
Щетинин Н. А., аспирант

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗМЕНЕНИЙ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ БАНДАЖЕЙ ПРИ ИХ РЕКОНСТРУКЦИИ ИЗ ПЛАВАЮЩЕГО ТИПА ВО ВВАРНОЙ

shrubens@yandex.ru

Для исследования условий изменения жесткости бандажа плавающего типа, при его реконструкции во вварной тип, приведены результаты моделирования объекта в CAD/CAE системе SolidWorks с встроенным пакетом конечно-элементного анализа SolidWorksSimulation.

Ключевые слова: бандаж, кольцевые, фасонные проточки, бесцентровая схема базирования, специальный стенд, напряжения, деформация, моделирование, эпюры, сетка конечных элементов.

Достаточно длительный период эксплуатации опор технологических барабанов (ТБ) показал относительно низкую надежность бандажей плавающего типа «П», сложность их монтажа, обслуживания и ремонта. Поэтому в настоящее время опоры действующих ТБ модернизируют,

устанавливая вместо бандажей типа «П» бандажи типа «В» – вварные. На рис. 1 представлены конструкции бандажей типа «П» и «В», которыми в настоящее время оснащают опоры вращающихся ТБ.



Рис. 1. Конструкции бандажей, применяемых на опорах вращающейся ТБ:

а) бандаж типа «П»; б) бандаж типа «В»

Выпускаемые промышленностью вварные бандажи менее технологичны в изготовлении, имеют более сложную конструкцию, поэтому оказываются на порядок дороже по сравнению с бандажами типа «П». На кафедре технологии машиностроения БГТУ им. В.Г.Шухова разработана технология, предполагающая реконструкцию бандажей типа «П» – в тип «В» непосредственно на месте их эксплуатации [1, 2, 5]. Проведение таких работ позволит существенно снизить затраты по замене бандажей, повысит надежность и ресурс их работы.

Предложено на торцевых поверхностях бандажей выполнять специальные фасонные кольцевые проточки и формировать закрылок для последующего соединения с корпусом ТБ. Проведенные ранее исследования [3] показывают, что оптимальной формой таких проточек является удлиненная форма в виде полукруга с

наклонными нижней и верхней гранями. Форма, размеры и относительное положение формируемой кольцевой проточки представлены на рис. 2.

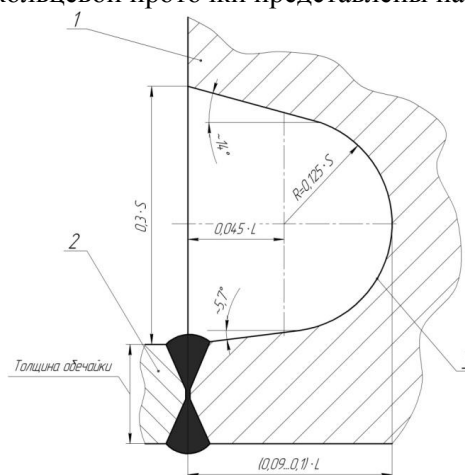


Рис. 2. Конструкция кольцевых фасонных проточек, формируемых на торцевых поверхностях бандажа при его реконструкции

Так как при реконструкции бандажа будет изменена форма его сечения, то требуется определить оптимальную форму такого сечения, которое обеспечит плавное распределение напряжений в местах их последующего соединения с корпусом, условия минимального изменения его жесткости, а также минимальные затраты на выполнение работ по реконструкции. Исследования проводились моделированием объекта в CAD/CAE системе *SolidWorks* с встроенным пакетом конечно-элементного анализа *SolidWorks Simulation* как для отдельного, демонтированного бандажа, так и для бандажа с элементами корпуса и нагрузками, соответствующими рабочим. Решение первой задачи представляет интерес в основном для самой технологии обработки кольцевых фасонных проточек. А решение второй – позволит в принципе оценить возможность практического применения подобной технологии.

Так как обработку поверхностей предполагается выполнять в условиях эксплуатации ТБ, поэтому целесообразно применить бесцентровую схему, когда демонтированный с ТБ бандаж устанавливают на опорные ролики специального стенда. Учитывая значительную массу бандажа, при такой схеме установки возможны его значительные деформации. Очевидно, что в различных зонах величины деформаций окажутся различными и это позволит оценить, прежде всего, саму величину возможной деформации для ее сравнения с допусками на выполняемые размеры, а также определить и наиболее благоприятную зону расположения обрабатывающего инструмента относительно опорных роликов специального стенда.

На рис. 3 представлена модель бандажа типа «П» (исходного) и модель бандажа, получаемого в результате реконструкции (реконструированного).

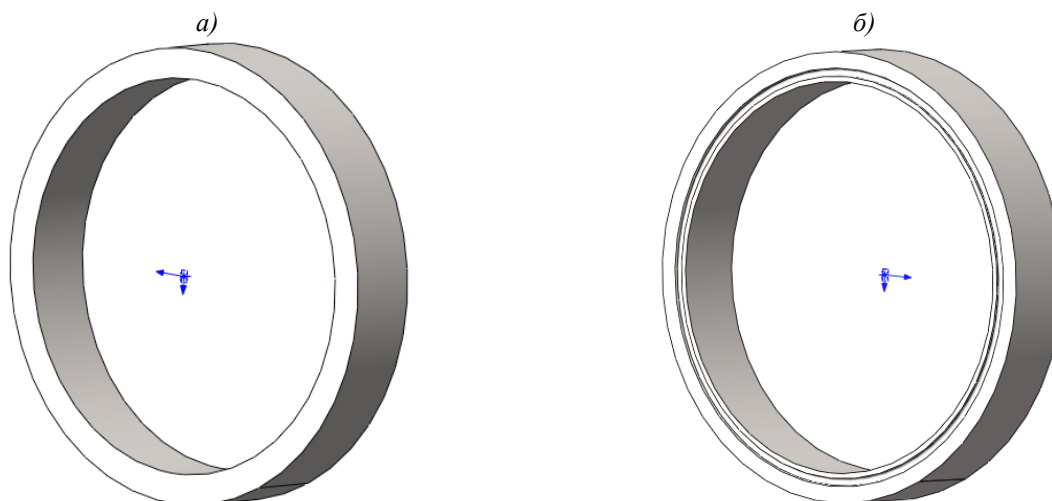


Рис. 3. Модель бандажа:
а) исходного; б) реконструированного

Из встроенной библиотеки программы выбираем материал – литая углеродистая сталь. Для имитации установки бандажа на опорные ролики назначаем ограничение – фиксированная геометрия на предварительно созданных на наружной поверхности качения бандажа гранях, соответствующих местам контакта бандажа и роликов. Размер граней определяем по формулам [4]:

$$a = 1,52 \sqrt{\frac{p \cdot R_1 \cdot R_2}{E \cdot (R_1 + R_2)}};$$

$$p = \frac{F}{S},$$

где a – полуширина грани, мм; $S = 2000a$ – площадь грани, мм²; $F = 280000$ Н – действующая на грань сила (ее значение определяем, исходя

из массы бандажа $m = 56000$ кг); $R_1 = 3050$ мм – радиус бандажа; $R_2 = 1700$ мм – радиус ролика; $E = 206000$ Н/мм² – модуль упругости материала Сталь 35Л.

В результате расчета полуширина пятна контакта бандажа с опорными роликами составила, $a = 1,2$ мм.

Так как в рассматриваемой статической задаче бандаж деформируется под действием собственного веса, то в качестве нагрузки принимаем действие силы тяжести. Модели исследуемых конструкций бандажей с приложенными ограничениями представлены на рис. 4. На рис. 5 представлена сетка конечных элементов обеих моделей.

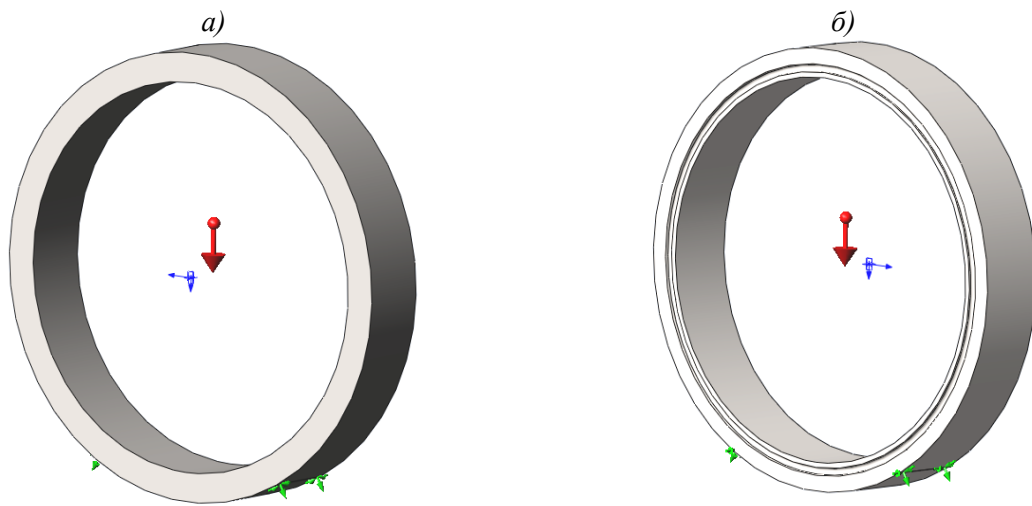


Рис. 4. Граничные условия для моделей бандажей:
 а) исходного; б) реконструированного

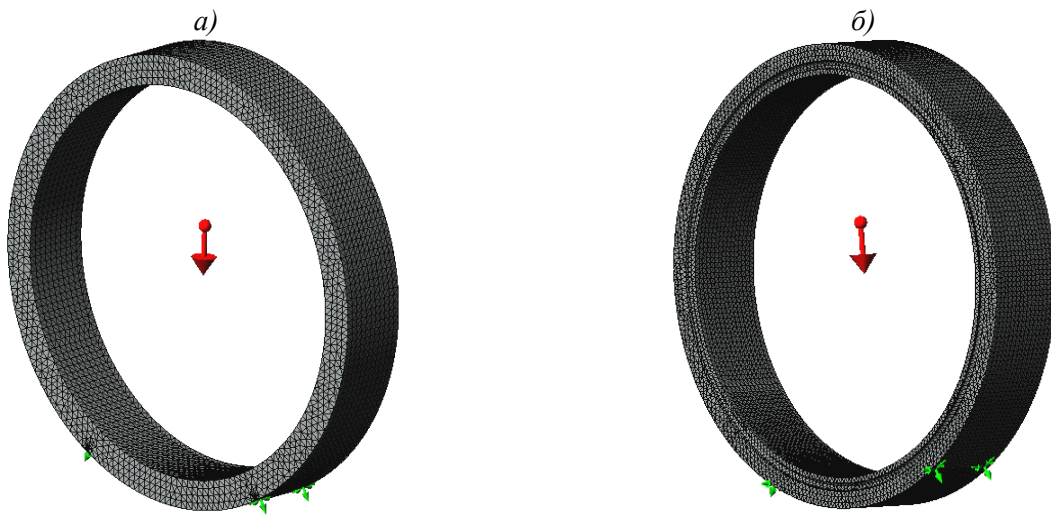


Рис. 5. Сетка конечных элементов исследуемых моделей бандажей:
 а) исходного; б) реконструированного

В результате моделирования получаем эпюры возникающих напряжений (рис.6). Возможности программы позволяют также опреде-

лить и цифровые значения напряжений, возникающих в различных узлах исследуемых объектов (рис.7).

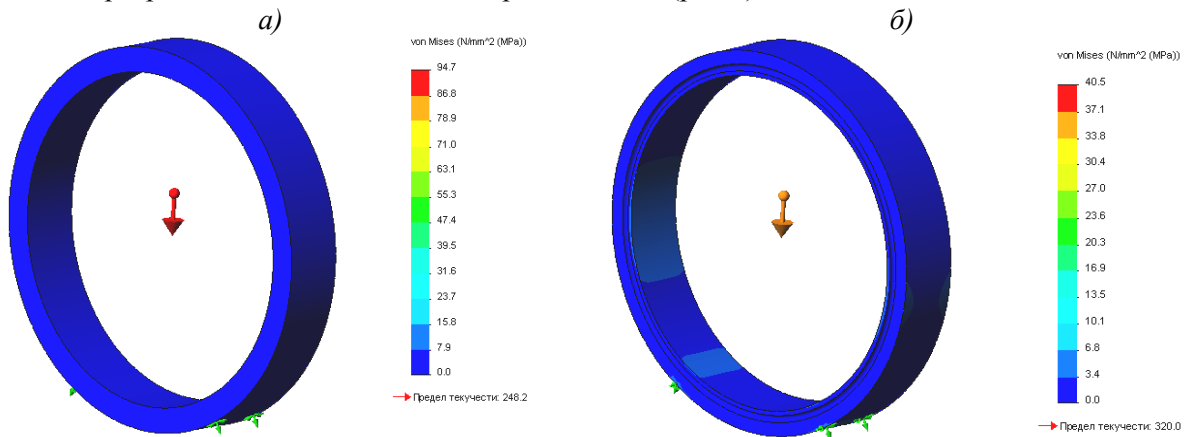


Рис. 6. Эпюры напряжений, возникающих в бандажах:
 а) исходном; б) реконструированном

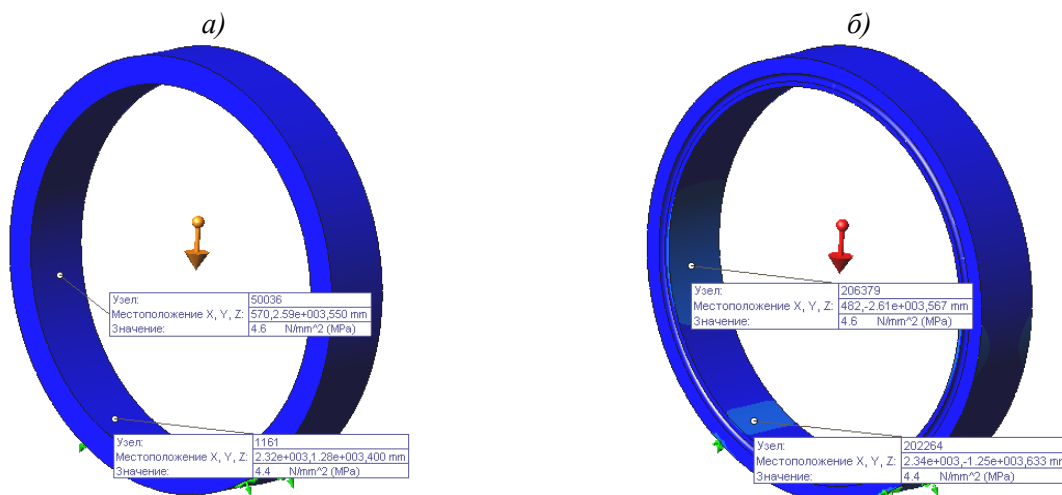


Рис. 7. Значения напряжений, возникающих в отдельных узлах моделей бандажей: а) исходного; б) реконструированного

Анализ полученных результатов показывает, что формирование кольцевых фасонных проточек не оказывает существенного влияния на изменение жесткости бандажа, включая и наиболее нагруженные сечения. Однако сделать окончательный вывод о решении первой задачи можно, построив эпюры перемещений поверхностей бандажа (рис. 8).

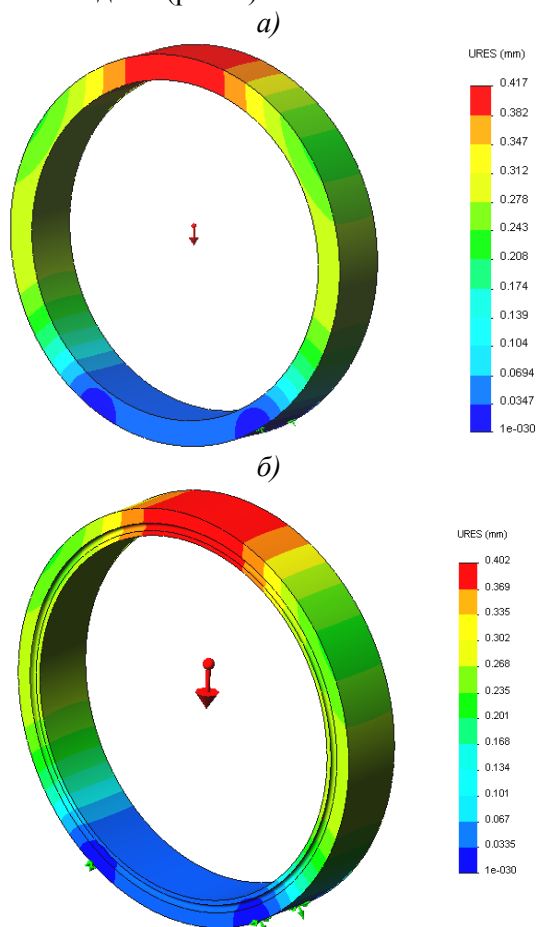


Рис. 8 Эпюра перемещений поверхностей бандажей: а) исходного; б) реконструированного

Анализ эпюр перемещений показывает, что в обоих случаях наибольшее перемещение испытывают верхние узлы бандажа. Значения перемещений у реконструированного бандажа оказались даже несколько меньше, что очевидно связано с уменьшением массы бандажа. Таким образом, формирование кольцевых фасонных проточек при реконструкции бандажей, не приводит к столь существенному изменению их жесткости, поэтому возникающие деформации практически никакого влияния на точность обработки не окажут. В процессе последующей эксплуатации, действующие на бандаж нагрузки, существенно возрастают, поэтому необходимо исследовать возможные изменения напряженно-деформированного состояния и для таких условий. На рис. 9 представлены исходные модели бандажей с элементами корпуса ТБ.

В связи с увеличением массы исследуемого объекта, изменятся и размеры граней, по которым происходит контакт бандажа и роликов. По результатам расчета полуширина пятна контакта составила – $a = 1,9$ мм. Для исследуемой модели дополнительно назначаем ограничение – фиксированная геометрия на торцах корпуса и действие силы тяжести (рис.10).

Сетка конечных элементов исследуемых моделей представлена на рис. 11. По результатам моделирования получены эпюры возникающих напряжений и перемещений для исходной формы бандажа и реконструированной (рис. 12, 13, 14).

Анализ результатов исследования показывает, что изменение сечения бандажа в результате его реконструкции, даже при увеличении нагрузки до рабочих значений, существенных изменений его напряженно-деформированного состояния, не вызывает.

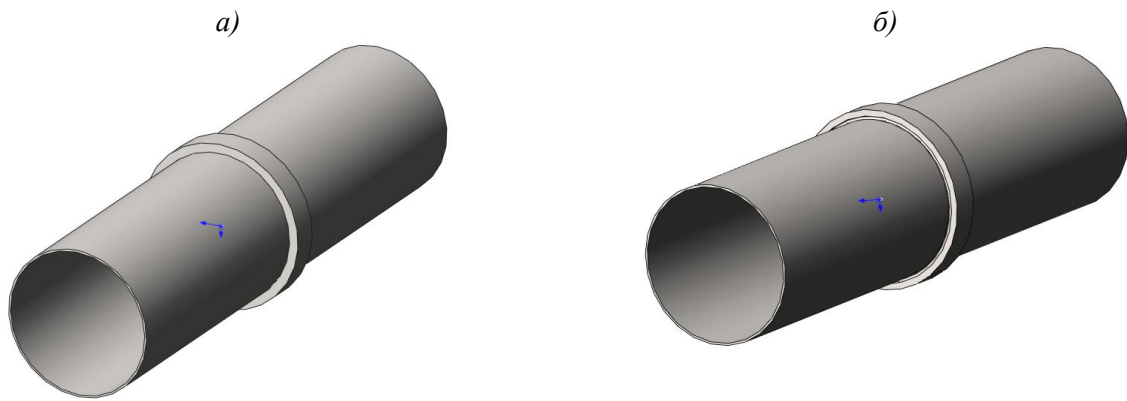


Рис. 9 Исследуемые модели ТБ с бандажами:
а) исходным; б) реконструированным

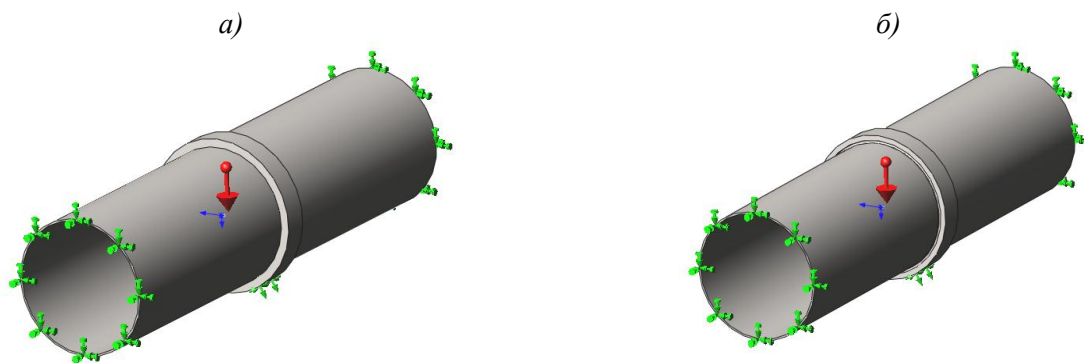


Рис. 10 Установленные ограничения для моделей с бандажами:
а) исходным; б) реконструированным

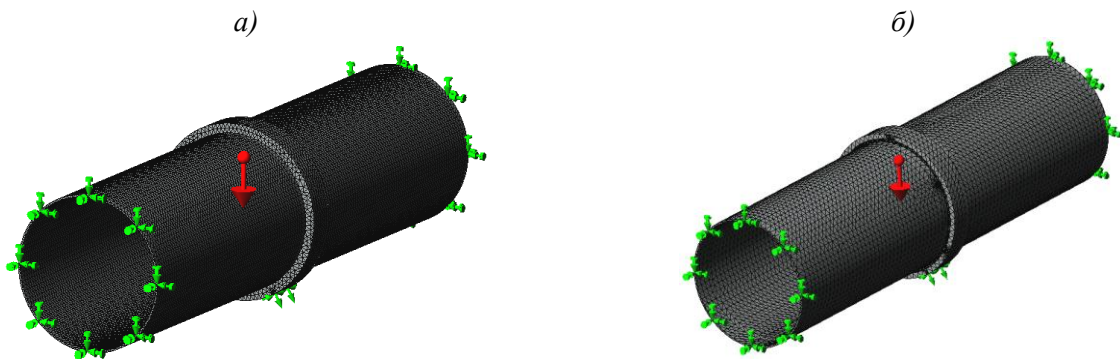


Рис. 11 Сетки конечных элементов исследуемых моделей с бандажами:
а) исходным; б) реконструированным

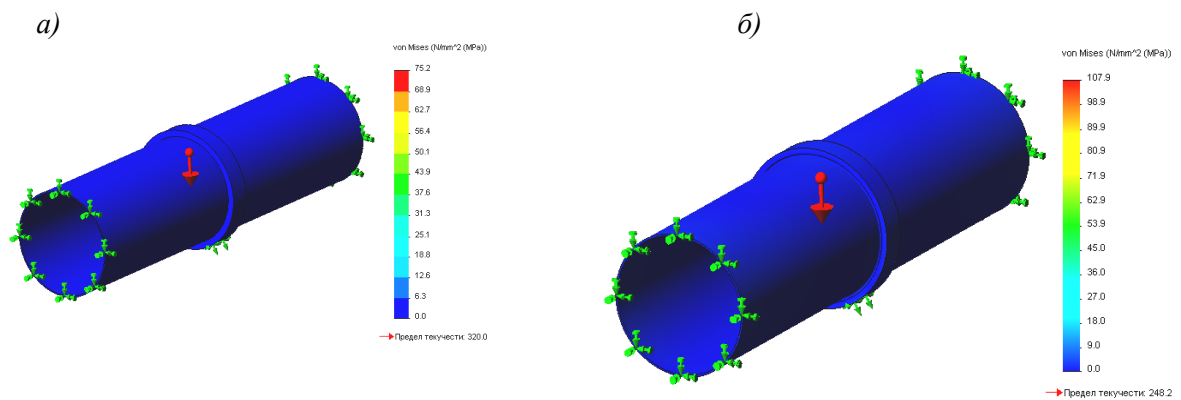


Рис. 12 Эпюры напряжений, возникающих в бандажах:
а) исходном; б) реконструированном

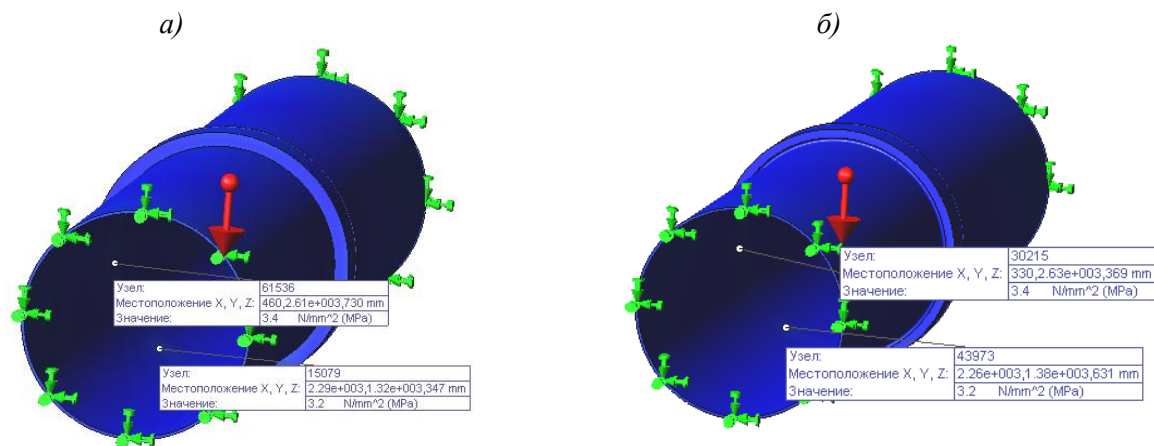


Рис. 13. Значения напряжений в некоторых узлах исследуемых моделей бандажей:
а) исходного; б) реконструированного

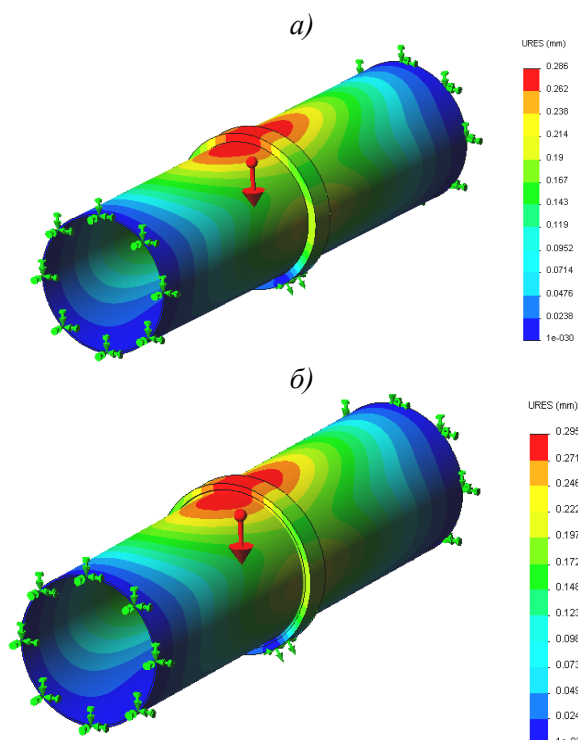


Рис. 14 Эпюры перемещений в исследуемых моделях бандажей:
а) исходного; б) реконструированного

Таким образом, реконструкция бандажа типа «П» в тип «В» за счет формирования на его торцевых поверхностях специальных кольцевых фасонных проточек к существенному изменению их напряженно-деформированного состояния не приводит. Поэтому реконструкция бандажей типа «П» в тип «В», непосредственно в условиях их эксплуатации с использованием мобильного оборудования оказывается

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Патент РФ № 114763, МПК⁷ F27В 7/20. А.С. Черняев, И.В. Шрубченко, Л.В. Мурыгина, Н.А. Архипова, В.Ю. Рыбалко. Бандаж вращающейся печи заявитель и патентообладатель Белгородский государственный технологический университет им. В.Г.Шухова – №2011140909/02; заявл. 07.10.11; опублик.10.04.12, Бюл. №10 – 2с.
2. Биргер И.А., Шорр Б.Ф., Иосилевич Г.Б. Расчет на прочность деталей машин: Справочник 3-е изд., перераб. и доп. М.: Машиностроение, 1979. 702 с.
3. Косилова А.Г., Мещерякова Р.К. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Машиностроение. 1986. 650 с.
4. Дуганов В.Я., Чепчуров М. С., Серов В.В. О деформациях бандажей цементных печей при их механической обработке // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2005. №11. С. 309-313.
5. Макридина М.Т. Расчеты металлических конструкций. Белгород. Изд-во БГТУ, 2008. 191 с.
6. Погонин А.А. Математическое моделирование обработки бандажей технологических барабанов с неустойчивой схемой базирования // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В. Г. Шухова. 2007. №1. С. 82-85.