

УДК 62-91

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ВОССТАНОВЛЕНИЯ ПОСАДОЧНОЙ ПОВЕРХНОСТИ УСТАНОВКОЙ КОМПЕНСАТОРА

**Морозов А. В., доктор технических наук, доцент,
тел. 8 (8422) 55-95-97, alvi.mor@mail.ru**
**Хохлов А. Л., доктор технических наук, профессор,
тел. 8 (8422) 55-95-13, chochlov.73@mail.ru**
**Кнуров А. А., аспирант 2 курса,
тел. 8 (8422) 55-95-97, alexeikn@mail.ru**
ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ

Ключевые слова: износ, ремонт, восстановление, компенсатор, метод конечных элементов.

Наиболее эффективным средством анализа деформированного состояния деталей является применение метода конечных элементов. На основании результатов моделирования процесса восстановления посадочной поверхности установкой компенсатора, методом конечных элементов, установлено, что разработанный способ при определенных натягах позволяет восстанавливать до 80 % изношенных деталей сельскохозяйственной техники и оборудования.

Введение. В настоящее время используемая сельскохозяйственная техника и оборудование имеют сравнительно высокую производительность и надежность. Однако для сохранения конкурентоспособности предприятий АПК необходимо так же учитывать ремонтпригодность используемой техники и оборудования, так как длительные простои при ремонте негативно сказываются на экономике предприятия. Основываясь на вышесказанном, можно сделать вывод, что повышение технико-экономических показателей ремонта является важным фактором, влияющим на конкурентоспособность предприятий АПК.

Наиболее часто износу подвергаются посадочные поверхности деталей, представляющие из себя гладкие цилиндрические поверхности, причем в 80% случаях их износ не превышает 0,3 мм. Существующие технологии восстановления деталей имеют различные недостатки, в связи с которыми их применение зачастую нерентабельно при малых величинах износа [1]. Таким образом для повышения технико-экономических показателей ремонта сельскохозяйственной техники и оборудования на базе кафедры «Технология производства и ремонта машин» инженерного факультета Ульяновского

ГАУ был разработан и запатентован способ восстановления гладких цилиндрических поверхностей деталей, основанный на перемещении металла из нерабочих зон [2, 3, 4].

Способ осуществляется следующим образом. Предварительно в восстанавливаемой детали высверливают осевое отверстие диаметром D_1 на глубину $L_{отв}$, превышающую длину восстанавливаемой поверхности $L_{вос}$ на величину не менее длины направляющей части стального компенсатора. Металл для компенсации износа поверхности перемещают из нижележащих слоев. Для этого восстанавливаемый участок детали нагревают, после чего происходит увеличение диаметра отверстия и диаметра восстанавливаемого участка до D_2 и d_2 соответственно. Затем в увеличенное до диаметра D_2 отверстие устанавливают с посадкой с натягом стальной компенсатор, длина посадочной части которого соответствует длине восстанавливаемого участка $L_{вос}$. Установленный в отверстие стальной компенсатор ограничивает перемещение материала при охлаждении до первоначальных размеров, в связи с чем диаметр восстанавливаемой цилиндрической поверхности d_3 увеличится в сравнении с первоначальным диаметром d_1 (рисунок 1).

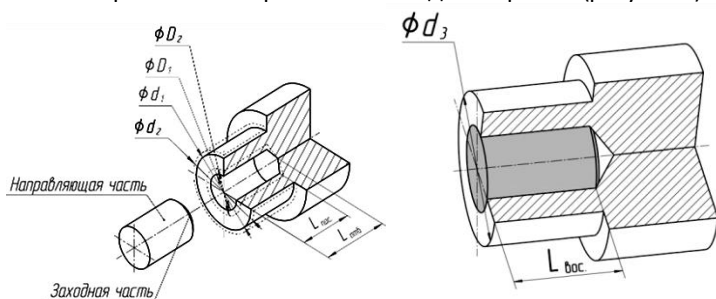


Рисунок 1 – Графическая модель способа восстановления посадочной поверхности установкой компенсатора

Применение металлов с различными свойствами для изготовления компенсатора позволит получить различные механические свойства восстановленного участка детали. Разработанный способ позволяет повысить технико-экономические показатели при ремонте сельскохозяйственной техники и оборудования на предприятиях АПК.

Материалы и методы исследований. Наиболее эффективным современным средством анализа напряженно-деформированных состояний детали при восстановлении является применение метода конечных элементов [5]. Для определения влияния натяга, на увеличение наружного диаметра восстанавливаемого участка детали

методом конечных элементов были проведены расчеты групп моделей, имеющие разницу в диаметре восстанавливаемого участка и отверстия в 12 мм, 16 мм и 20 мм (рисунок 2). В каждой группе моделировались три величины натяга: $i = 4$ мм, $i = 8$ мм и $i = 12$ мм. Температуру восстанавливаемого участка задавали $t = 1000^\circ\text{C}$ для всех моделируемых случаев.

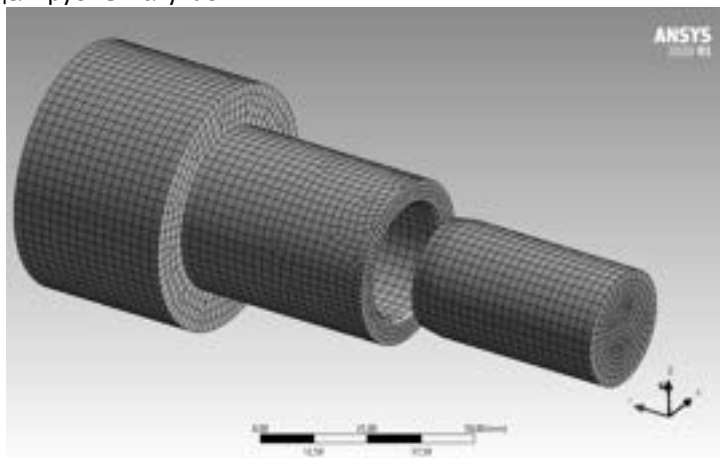


Рисунок 2 – 3D конечно-элементная модель

Расчёт выполнялся в программе ANSYS 2020 R1, в среде Workbench в трехмерном виде. Модели представляют собой деталь с осевым отверстием в восстанавливаемом цилиндрическом участке и компенсатор. Компенсатор имеет заходную часть в виде фаски длиной 10 мм и углом 10° к оси. Диаметр компенсатора в зависимости от группы моделей составлял 28 мм, 24 мм и 20 мм, диаметр отверстия детали меньше диаметра компенсатора на величину натяга, длина отверстия 50 мм. Расчет проводился в промежутке времени равном 116 с (около 1200 итераций).

Моделировали следующие граничные условия: подвод тепла к внешней поверхности восстанавливаемой детали; фиксация по трем степеням свободы внешней поверхности задней части детали; запрет перемещения компенсатора перпендикулярно оси восстанавливаемого участка детали; перемещение компенсатора вдоль оси восстанавливаемого участка 50 мм; начальная температура компенсатора составляла 22°C ; охлаждение модели до 22°C .

При проведении расчетов были выбраны следующие материалы: компенсатор – сталь 30ХГСА, деталь – сталь 45. В процессе моделирования учитывалось изменения модуля Юнга и тепловых констант при повышении температуры. Для описания механических деформаций и тепловых нагрузок применен элемент SOLID185(3-D 8-узловой объемный элемент).

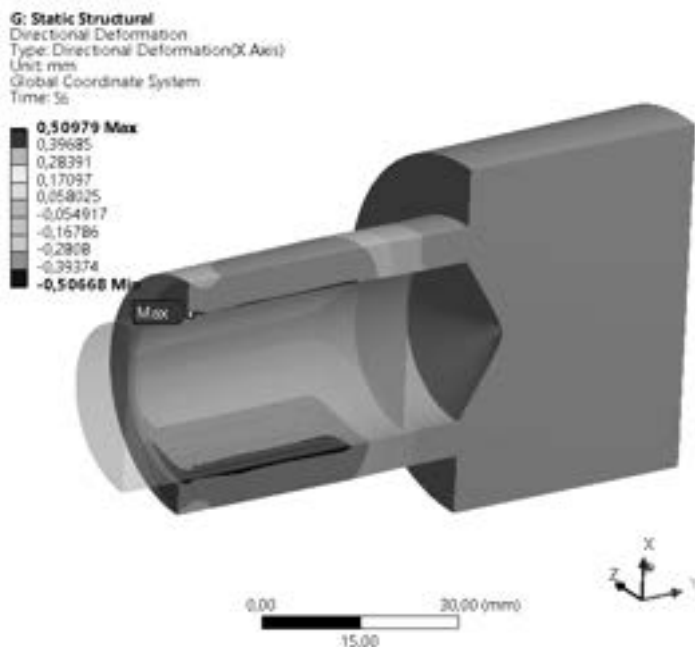


Рисунок 3 – Модель деформированного состояния по оси X в процессе установки компенсатора

Результаты исследований и их обсуждение. Максимальное значение усилия при установке компенсатора в отверстие с натягом составило 25,9 кН. Полученные в результате расчетов данные по зависимости изменения диаметров восстанавливаемых цилиндрических поверхностей от величины натяга и размера отверстий деталей показаны на графике (рисунок 4).

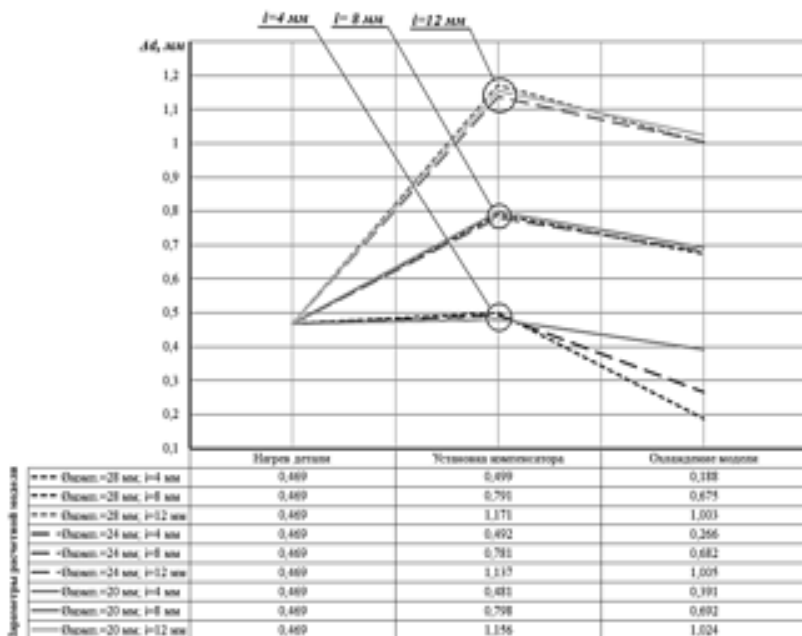


Рисунок 4 – Расчётные значения изменения наружного диаметра на различных этапах технологического процесса восстановления

Из данных графика видно, что при увеличении натяга происходит большее увеличение диаметра восстанавливаемого участка в результате процесса восстановления, однако, при малых натягах важную роль играет так же разница между диаметром восстанавливаемого участка и диаметром осевого отверстия.

Заключение. Проведенные исследования показали, что разработанный способ, при определенных натягах, позволяет восстанавливать детали с износом посадочных поверхностей до 0,586 мм, что в свою очередь позволяет восстанавливать 80% изношенных деталей. Вместе с тем для оптимального выбора натяга и диаметра осевого отверстия, при восстановлении, следует учитывать внутренние напряжения детали и усилие запрессовки компенсатора. Данная проблема требует дальнейшего изучения, во избежание разрушения деталей при технологическом процессе восстановления. Однако, основываясь на полученных результатах, а так же учитывая простоту и дешевизну разработанного способа, можно сделать вывод, что его

применение повысит технико-экономические показатели ремонта сельскохозяйственной техники и оборудования на предприятиях АПК.

Библиографический список

1. Морозов, А.В. Анализ способов восстановления посадочных шеек валов и осей под подшипники качения / А. В. Морозов, А.А. Кнуров, Л.Л. Хабиева, Н.Н. Шамуков. - Текст: электронный // Аграрная наука и образование на современном этапе развития: опыт, проблемы и пути их решения: материалы XI Международной научно-практической конференции. 23-24 июня 2021 г. -Ульяновск: УлГАУ, 2021. - Т. III. - С. 65-74.

2. Морозов, А.В. Способы восстановления гладких цилиндрических поверхностей тяжело нагруженных деталей перемещением металла из нерабочих зон / А. В. Морозов, А.А. Кнуров. // Инженерное обеспечение инновационных технологий в АПК: материалы Международной научно-практической конференции 26-28 октября 2021 года / под общ. ред. Г. В. Коротковой. – Мичуринск: Изд-во Мичуринского ГАУ, 2021. – 235 с.

3. Морозов А.В., Кнуров А.А., Абрамов А.Е., Шамуков Н.И., Котков Д.А. Способ восстановления посадочной поверхности под подшипник качения. – Патент RU №2753396. Опубл. 16.08.2021 г. Бюл. №23.

4. Морозов А.В., Байгулов А.В. Дорн. - Патент RU № 97071. Опубл. 27.08.2010 г. Бюл. № 24.

5. Чигарев А.В. ANSYS для инженеров: Справочное пособие / А.В. Чигарев, А.С. Кравчук, А.Ф. Смалюк. – М: Машиностроение, 2004. – 512с.

SIMULATION OF THE PROCESS OF RESTORING THE LANDING SURFACE BY INSTALLING A COMPENSATOR

Morozov A.V., Khokhlov A.L., Knurov A.A.

Key words: wear, repair, restoration, compensator, finite element method.

The most effective means of analyzing the deformed state of parts is the use of the finite element method. Based on the results of modeling the process of restoring the landing surface by installing a compensator, using the finite element method, it was found that the developed method, under certain strains, allows restoring up to 80 % of worn parts of agricultural machinery and equipment.