

Аннотації:

Проведен анализ конструкций транспортных средств, предназначенных для тушения лесных пожаров, определена конструкция пожарно-спасательного вездехода и возможная комплектация его противопожарным либо аварийно-спасательным инструментом.

Ключевые слова: лесные пожары, пожарный поезд, противопожарное оборудование, аварийно-спасательный инструмент, пожарно-спасательный вездеход

Проведено аналіз конструкцій транспортних засобів, призначених для гасіння

лісових пожеж, визначена конструкція пожежно-рятувального вездехода і можлива комплектація його протипожежним або аварійно-рятувальним інструментом.

Ключові слова: лісові пожежі, пожежний потяг, протипожежне обладнання, аварійно-рятувальний інструмент, пожежно-рятувальний вездехід

The analysis of the structures of vehicles intended for fighting forest fires, defined design ATV fire-rescue-and the possibility of bundling it with fire or rescue tool.

Keywords: forest fires, fire train, firefighting equipment, rescue equipment, fire rescue ATV

УДК 614.846.35:534.1

ЛАРИН А.А., к.т.н., доцент (НТУ «ХПИ»)
УЩАПИВСКИЙ И.Л. (ГУ ГСЧС Украины во Львовской обл.)

Конечно-элементный анализ вибраций центробежных пожарных насосов с поврежденными подшипниками

Введение

Эффективность работы пожарных и спасательных подразделений в значительной степени зависит от состояния готовности пожарно-технического вооружения. При ликвидации пожара подразделением, одним из основных технических элементов является насосная установка, входящая в оснащение специализированного автомобиля. Такие установки представляют собой относительно сложный комплекс узлов и агрегатов. Большинство насосных установок создаются на основе центробежных насосов. Конструктивные и эксплуатационные показатели которого во многом определяют надежность и эффективность средств и оборудования, используемого при ликвидации пожара или иной чрезвычайной ситуации.

Одной из наиболее важных характеристик центробежного пожарного насоса является его надежность. Существуют различные типы отказов насосов и причины их

возникновения, тем не менее все виды неисправностей в той или иной форме приводят к увеличению вибрации или шума насоса.

Цель и постановка задачи

Целью данной работы является разработка теоретической компьютерной модели центробежного пожарного насоса ПН-40УВ и исследования на ее основе его вибрационных характеристик, определение которых позволяет получить описание вибрационных признаков сопровождающих работу насоса и может быть использованы при создании системы диагностики технического состояния насосов в эксплуатации.

Компьютерное моделирование пожарных центробежных насосов

В работе исследуется центробежный пожарный насос типа ПН-40УВ, серийно выпускаемые ООО «Прилуцкий завод

противопожарного и специального машиностроения «Пожспецмаш» (г. Прилуки, Украина).

Основным креплением насоса ПН-40УВ является болтовое соединение к раме автомобиля на четырех опорах. Кроме этого соединения дополнительными связями есть элементы трубопроводных систем. Так, крышка корпуса насоса соединяется с всасывающим патрубком, который через стальную трубу диаметром 100 мм жестко соединен с цистерной автомобиля. Аналогично выходной патрубок насоса подключен к коллектору, который имеет разветвленную трубопроводную систему, которая соединяет насос с пожарным рукавом и цистерной. Соединение коллектора с цистерной является жестким. Коллектор представляет собой массивную сложную структуру трубопроводов, кранов и других дополнительных систем контроля и управления. Подробное моделирование этой части насосной установки не имеет смысла поскольку вибрации этой детали не представляют интереса. Поэтому в данной работе был упрощенно смоделирован

коллектор, как пространственное тело простой формы, соответствующих габаритов и массы. Для корректного воспроизведения инерционно - упругих параметров системы от коллектора промоделирован трубопровод, соединяющий насос с гибким пожарным рукавом. На рис. 1,а представлена геометрическая модель насоса с упрощенной моделью коллектора.

Проведение анализа вибрационного состояния центробежных пожарных насосов и исследование влияния на него разного рода эксплуатационных повреждений и дефектов требует разработки адекватных математических моделей. Центробежный пожарный насос принципиально является трехмерным телом, имеет сложную пространственную систему связей и распределение жесткости по элементам конструкции. Наиболее естественным способом построения адекватной теоретической модели является компьютерное моделирование, основанное на использовании метода конечных элементов (МКЭ) [1, 2].

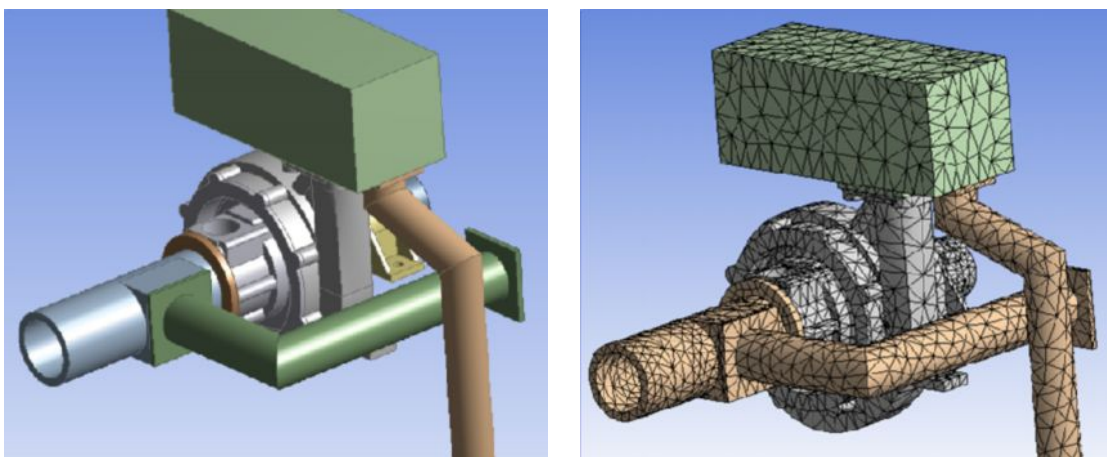


Рис. 1. Геометрическая (а) и КЭ (б) модели насоса ПН-40УВ

В соответствии с подходом МКЭ моделирование проводится по алгоритму:

- 1) разработка подробных геометрических моделей конструктивных элементов центробежного насоса;
- 2) математическое описание динамического анализа;

- 3) нанесение расчетной (конечно-элементной) сетки;
- 4) задания граничных условий, связей, нагрузок и т.д.;
- 5) проведение расчетов и анализ результатов.

Полученную таким образом расчетную математическую модель можно использовать с целью проведения вариативных исследований, в том числе и моделирование влияния различного рода повреждений на динамические характеристики пожарных насосов.

При компьютерном моделировании использовались трехмерные геометрические модели, описанные ранее. Итак следующей частью алгоритма теоретического компьютерного моделирования является нанесением расчетной конечно-элементной сетки. Построенные расчетные сетки корпуса центробежного насоса ПН-40УВ представлено на рис. 1б.

Исследование вынужденных гармонических колебаний пожарного насоса ПН-40УВ

Во время работы насоса происходят вибрации, которые являются колебаниями, вызванные наличием вынужденных гармонических сил. Указанные силы являются результатом комплексного действия наличия дисбаланса, несоосности соединения валов и т.д. [4]. Соответствующие силы действуют на ротор рабочего колеса и передаются через подшипники на корпус насоса. С целью анализа проявления вибраций насоса на разных частотах вращения ротора, было построено АЧХ колебаний насоса. На рис. 3 представлены АЧХ в разных направлениях и форма вынужденных колебаний насоса.

Предыдущие исследования были проведены для исправного насоса. Общая

идея диагностики насоса заключается в определении закономерностей изменения вибраций насоса, имеющего скрытые дефекты. Поэтому следующим шагом в исследовании является моделирование вибраций насоса с дефектами. Среди неисправностей, которые наиболее часто наблюдаются при эксплуатации насосов следует выделить ослабление креплений насоса к раме автомобиля, неисправности в подшипниковых узлах, повреждения или засорения рабочего колеса, появление кавитационных режимов и потеря герметичности. Большинство указанных неисправностей приводит к увеличению вибраций. Причем к скрытым дефектам следует отнести неисправности в подшипниках и в рабочем колесе.

В данной работе проведены исследования по моделированию повреждения подшипника, в результате его износа. Соответствующие результаты приведены на рис. 4 и рис. 5. При этом моделировалось два отдельных случая частичный дефект, который проявляется в виде ослабления посадки вала в обойме подшипника и практически полный износ подшипника.

На рис. 5 представлены обобщенные результаты по 4 первым гармоникам. На этих графиках показаны относительные величины, т.е. то как изменяются гармоники в зависимости от степени изношенности подшипника. Можно видеть, что первые три гармоники при износе подшипника способны увеличиться в три раза в вертикальном и осевом направлениях, а в горизонтальном – в 1,5 раза и больше.

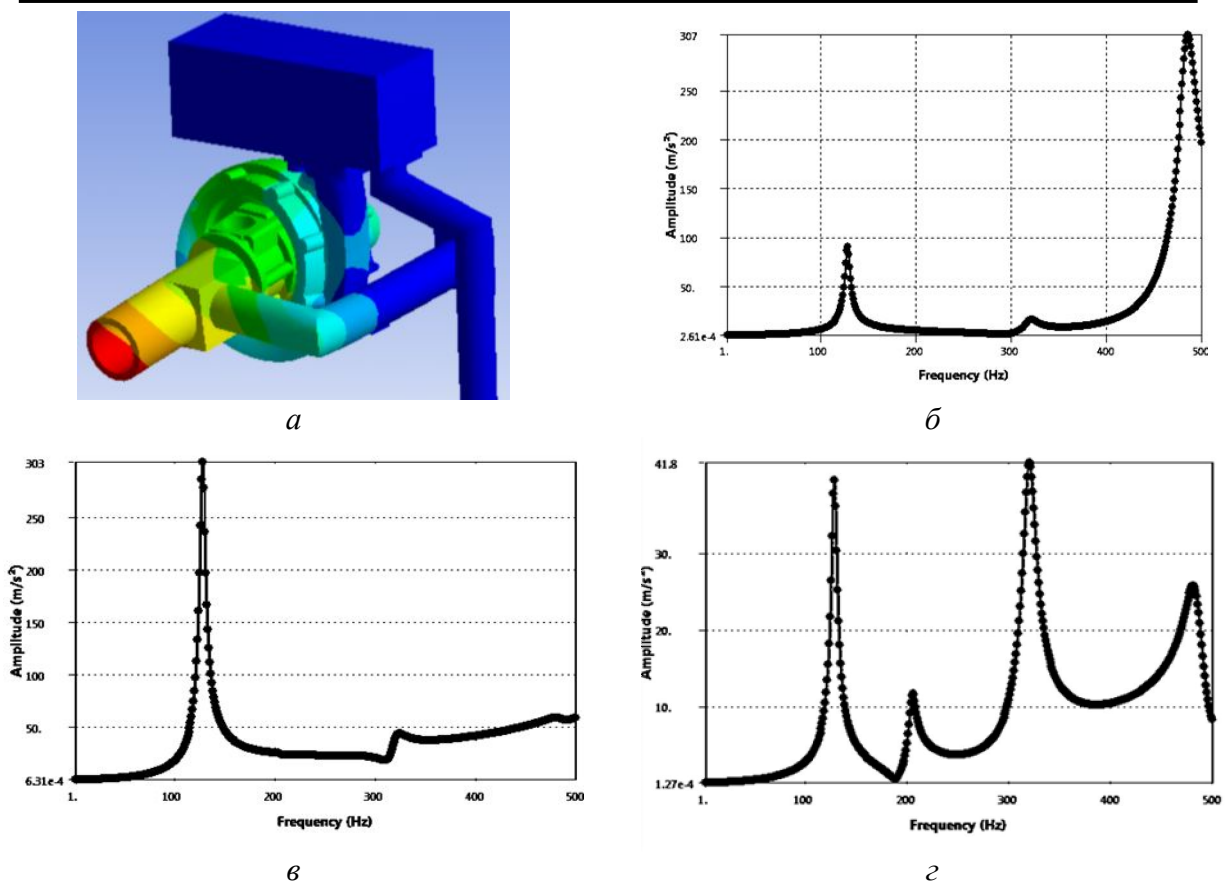


Рис. 3. Результаты расчетов вынужденных гармонических колебаний
a - пространственная форма вынужденных колебаний на частоте 33 Гц (2000 об / мин) *б, в, з* - АЧХ в осевом, вертикальном и горизонтальном направлениях

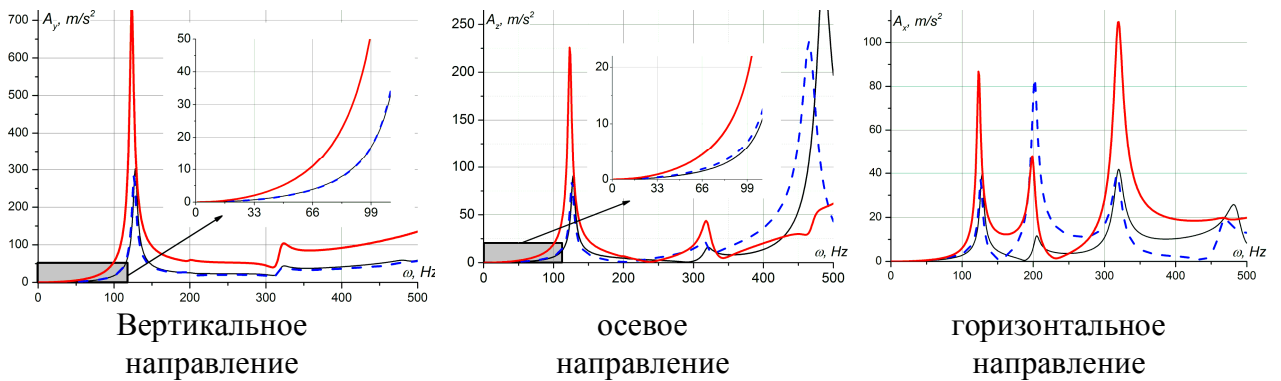


Рис. 4. АЧХ виброускорений насоса, который имеет ослабление посадки вала в подшипнике (пунктир) и полностью изношенный подшипник (сплошная линия)

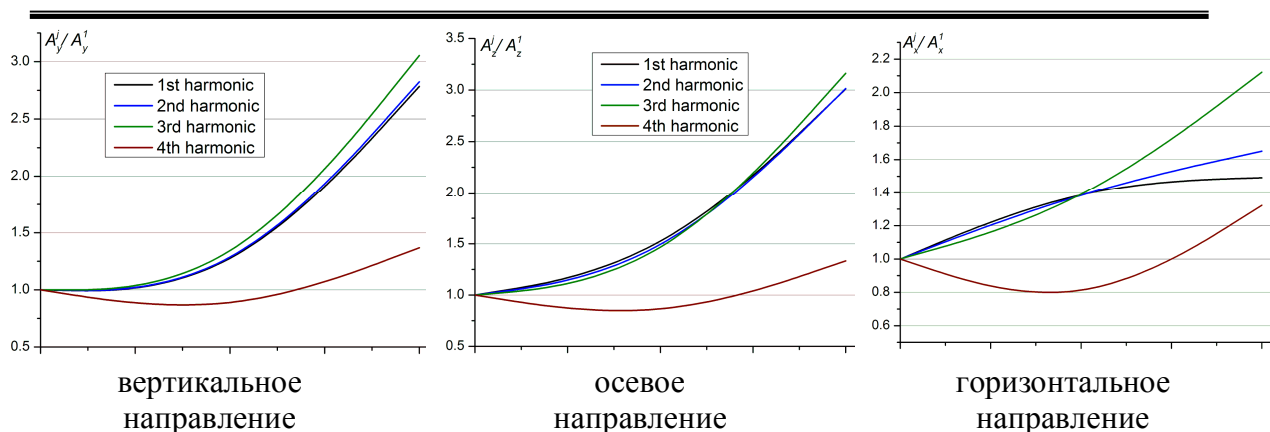


Рис. 5. Зависимости относительных изменений гармоник вибраций от степени износа подшипника (на графиках представлены значения отнесенные к соответствующим величинам этих же гармоник в не дефектном состоянии)

Выводы

Таким образом, в работе представлены результаты компьютерного КЭ моделирования вибрационных характеристик центробежного пожарного насоса ПН-40УВ. Определены собственные частоты и формы колебаний. Рассчитанные АЧХ, которые показывают резонансные зоны вибраций. Построено пространственную форму вибраций при вынужденных колебаниях на частоте вращения ротора 2000 об/мин. Определено, что наибольшие амплитуды вибраций наблюдаются на входном патрубке насоса. Поэтому указанное место является наиболее целесообразным для установления датчиков замера вибраций.

Список литературы:

1. Толок В.А. Метод конечных элементов. Теория, алгоритмы, реализация / В. А. Толок, В.В. Киричевский, С.И. Гоменюк и др. – К.: Наук. думка, 2003. – 256с.
2. Басов К.А. ANSYS в примерах и задачах / К.А. Басов. – М.: Компьютер Пресс, 2002. – 224с.

3. Бабаков И.М. Теория колебаний / И.М. Бабаков.- М.: Наука, 2004. - 591с.

4. Жовдак В.А. Колебания вращающихся роторов / В.А. Жовдак, Харьков: НТУ «ХПИ», 2001. – 80с.

Аннотации:

В статье рассматриваются теоретическое моделирование особенностей формирования вибраций пожарных центробежных насосов, которые имеют эксплуатационные повреждения в подшипниках.

Ключевые слова: пожарный насос, центробежный насос, вибрации, внутренние дефекты

У статті розглядається теоретичне моделювання формування вібрацій пожежних відцентрових насосів, що мають експлуатаційні пошкодження в підшипниках.

Ключові слова: Пожежний насос, відцентровий насос, вібрація, внутрішні пошкодження

The paper deals with theoretical analysis of the formulation of the vibrations in the centrifugal fire-pump, which has operational defects in its bearing.

Keywords: fire pump, centrifugal pump, vibrations, internal defects