

МЕХАНИКА

МЕХАНИКА

MECHANICS

УДК 621.01

ӨЗГӨРҮЛМӨ ТҮЗҮЛҮШТӨГҮ МЕХАНИЗМДҮҮ УРГУЛООЧУ БАЛКАНЫН УРГУЧ ТҮЙҮНҮНҮН ЧЫҢАЛЫП-МАЙЫШУУ АБАЛЫН ЭСЕПТӨӨ

РАСЧЕТ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ УДАРНОГО УЗЛА ОТБОЙНОГО МОЛОТА С МЕХАНИЗМОМ ПЕРЕМЕННОЙ СТРУКТУРЫ

ALCULATION OF THE STRESS-STRAIN STATE OF THE IMPACT UNIT OF A JACKHAMMER WITH A MECHANISM OF VARIABLE STRUCTURE

М.С.Джуматаев, А.Ж.Баялиев

M.S.Dzhumataev, A.Zh.Bayaliev

Макалада эки ийримуунактуу-жылгычтуу, өзгөрүлмө түзүлүштөгү механизмдүү ургуч балканын конструкциясынын элементтерин, жылгыч-ургучтун аспап менен өз-ара аракеттенүү учурундагы өз-ара урунууну жок кылуучу аба жаздыкчасын эске алып, моделдөө жана чыңалып-майышуу абалын эсептөө маселелери каралган. Чыңалып-майышуу абалын эсептөө ANSYS Workbench 15.0 компьютердик программасынын жардамы менен жүргүзүлгөн. Эсептөөнүн натыйжасында конструкциянын эң көп динамикалык жүктөрдү көтөргөн элементтери жана ургуч механизмде колдонулган, сыйгаланган муунакжаздыктардын мүмкүн болгон иштөө мерчимдердин саны аныкталган. ANSYS программасын колдонуу долбоорлоо учурунда конструкциядагы өзгөчө көңүл бурууну талап кылган, жүк көп жүктөлгөн жерлерди аныктоого мүмкүнчүлүк берет жана эң жогорку даражадагы ишенимдүүлүктү жана иштөө узактыгын камсыз кылган сапаттуу долбоорлоонун майнаптуу амалы болуп саналат.

В статье рассматриваются вопросы моделирования и расчета напряженно-деформированного состояния элементов конструкции

отбойного молота с двухкривошипно-ползунным механизмом переменной структуры при ударном взаимодействии ползуна-бойка с инструментом с учетом наличия воздушной камеры, позволяющего исключить ударное взаимодействие поводка с бойком. Был проведен расчет напряженно-деформированного состояния ударного узла с помощью компьютерной программы ANSYS Workbench 15.0. В результате расчета выявлены элементы конструкции, воспринимающие наибольшие динамические нагрузки, установлено допустимое количество циклов работы подшипников скольжения, используемых в ударном механизме. Использование программы ANSYS Workbench дает возможность на стадии проектирования определить наиболее нагруженные места, требующие большего внимания, и является эффективным средством качественного проектирования механических ударных машин, обеспечивающих высокую степень надежности и долговечности.

The article discusses the issues of modeling and calculating the stress-strain state of the structural elements of a jackhammer with a two-crank-slider mechanism of variable structure during the impact interaction of the slider-striker with the tool, taking into account the presence of an air chamber, which allows to exclude the impact interaction of the leash with the striker. The stress-strain state of the impact node was calculated using the computer program ANSYS Workbench 15.0. As a result of the calculation, the structural elements that perceive the greatest dynamic loads are identified, the permissible number of cycles of operation of sliding bearings used in the impact mechanism is established. The use of the ANSYS Workbench program makes it possible at the design stage to determine the most loaded places that require more attention, and is an effective means of high-quality design of mechanical impact machines that provide a high degree of reliability and durability.

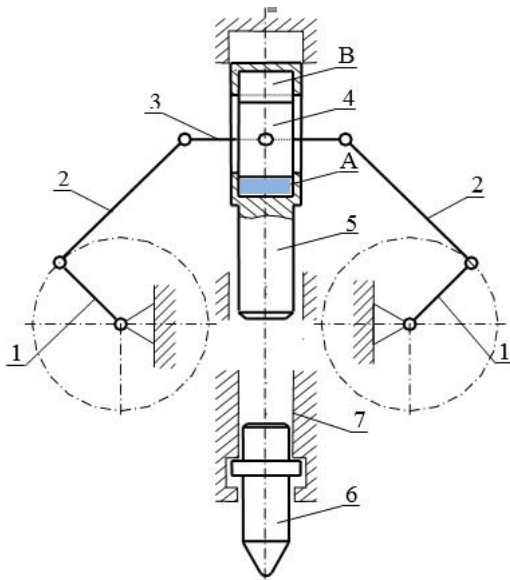
Түйүн сөздөр: ургулоочу машина, эки ийри муунак-жылгычтуу механизм, өзгөрүлмө түзүлүштөгү механизм, аба жаздыкча, компьютердик моделдөө, чыңалып-майышуу абалы, муунакжаздык түйүнү.

Ключевые слова: отбойный молот, двухкривошипно-ползунный механизм, механизм переменной структуры, воздушная подушка, компьютерное моделирование, напряженно-деформированное состояние, подшипниковый узел.

Keywords: impact machine, double crank-slider mechanism, variable structure mechanism, air cushion, computer modelling, stress-strain state, sliding bearing.

В Институте машиноведения НАН КР разработан и изготовлен опытный образец навесного отбойного молота с двухкривошипным ползунным механизмом переменной структуры с воздушной

подушкой (далее ДКП МПС), кинематическая схема которого показана на рисунке 1.



1 – кривошип, 2 – шатун, 3 – поводок,
4 – поршень, 5 – ползун-боек,
6 – инструмент, 7 – ствол.

Рисунок 1 – Кинематическая схема ДКП МПС с воздушной подушкой

Как известно, механические ударные машины при эксплуатации воспринимают большие динамические нагрузки на опоры, которые приводят к поломке элементов опорного узла [2]. Отбойный молот с ДКП МПС состоит из двух симметрично расположенных кривошипов 1, соединенных с поршнем 4 через поводок 3 и шатуны 2. Поршень расположен внутри ползуна-бойка 5, имеющего полую цилиндрическую полость с возможностью поступатель-

ного перемещения внутри ствола 7 и наносящую удар по инструменту 6.

Принцип работы механизма заключается в том, что при вращении кривошипов поршень перемещается внутри ползуна-бойка, сообщая ему поступательное перемещение вдоль оси ствола. Для уменьшения динамических нагрузок в конечных участках хода поршня в ползун-бойке имеются воздушные камеры «А» и «В», в которых образуются воздушные подушки. От поршня движение ползуна-бойку передается через сжатый воздух, создающийся в камерах.

Наличие воздушной подушки приводит к снижению возникающих динамических нагрузок при смене направлений движения ползуна-бойка с рабочего хода на холостой и обратно. Особенностью этого механизма является то, что в момент

совершения удара по инструменту ползун-боек кинематически не связан с поршнем, т.е. с приводом, что предохраняет элементы привода от реактивных сил.

Целью исследований является анализ воздействия реактивных сил на опорные узлы в процессе работы механизма и представление картины нагруженных участков ударного узла. Для достижения этой цели был проведен расчет напряженно-деформированного состояния ударного узла с помощью компьютерной программы ANSYS Workbench 15.0. Была построена 3D-модель ударного узла отбойного молота (рис. 2). Статический анализ в программе ANSYS состоит из шести шагов.

- 1 – Назначение материала (Engineering Data)
- 2 – Распознавание геометрических параметров (Geometry)
- 3 – Формирование в модель (Model)
- 4 – Назначение расчетных параметров (Setup)
- 5 – Расчет (Solution)
- 6 – Результаты (Results)

Далее назначен материал для каждой детали из библиотеки Engineering Data (скриншот показан на рис. 3).

Следующим шагом был зафиксирован корпус с инструментом подпрограммой Fixed Support, и назначено расчетное давление в воздушной камере 2,7 МПа, соответствующее усилию в момент удара нижней части поршня по ползуну-бойку, как показано на рисунке 4.

Как известно из работы [2], по мере нагружения поршня в воздушной камере увеличивается давление. Для наиболее точного расчета все детали в конструкции ударного узла разбиваются на конечные элементы инструментом Mesh Static Strurtural – Mechanical, картина разбивки которой показана на рисунке 5.

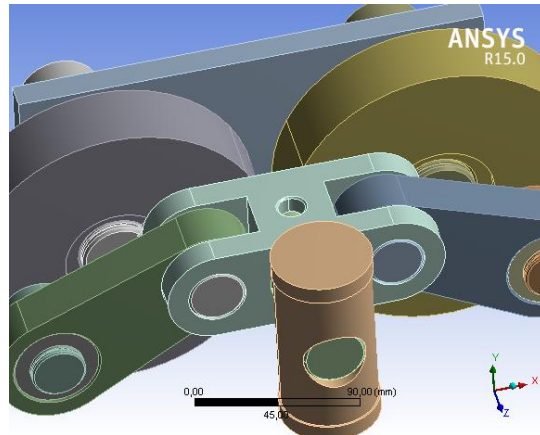


Рисунок 2 – 3D-модель ударного узла отбойного молота с ДКП МПС

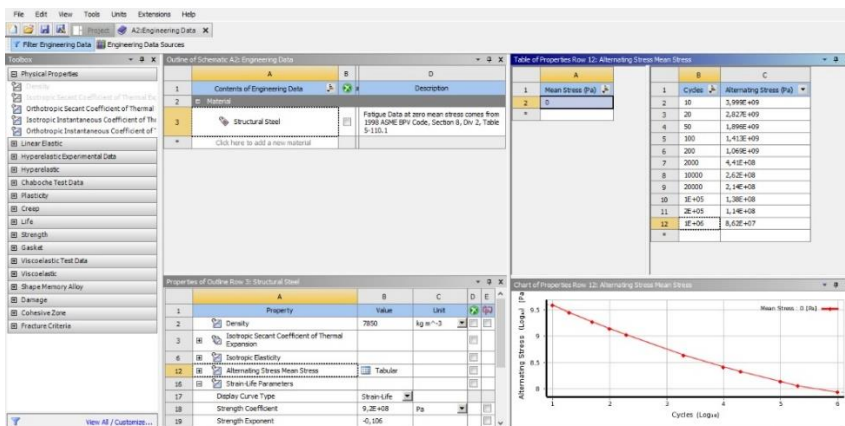


Рисунок 3 – Назначение материала

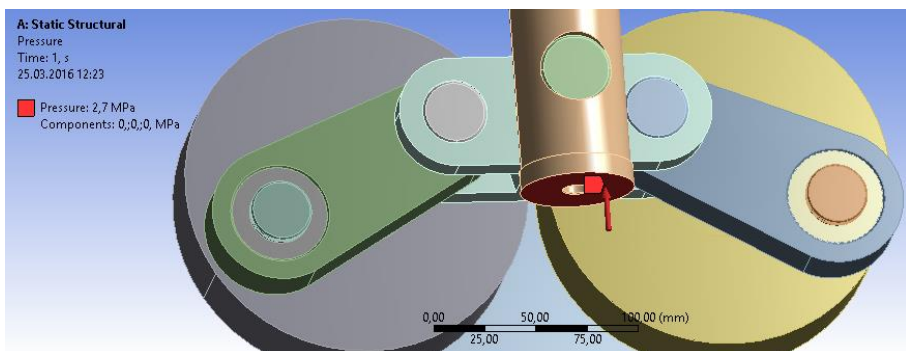


Рисунок 4 – Участок поршня, испытывающий реактивное усилие давления

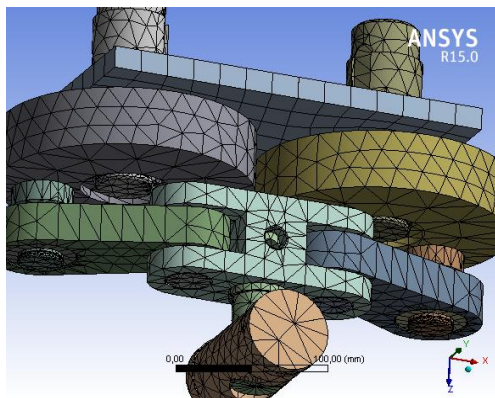


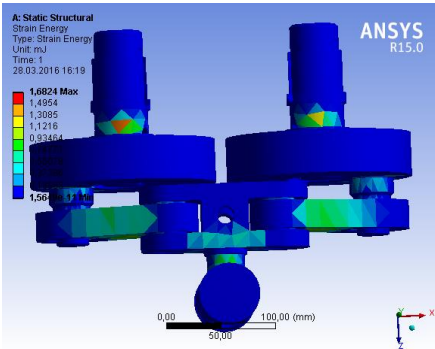
Рисунок 5 – Разбивка деталей ударного узла отбойного молота на конечные элементы

ность, коэффициент надежности, чувствительность к усталости, коэффициент запаса прочности.

Результаты расчета показывают, что наибольшее напряжение приходится на подшипниковые узлы. Минимальное значение составляет 0,0004 МПа, и оно приходится на зону маховика, а максимальное значение 138,6 МПа на подшипниковый узел, соединяющий маховик и шатун. Наибольшее напряжение, воспринимаемое валом, соединяющим зубчатое колесо и маховик, составляет 1,3 мДж (1 Дж= 10^{-3} мДж). Во время ресурсных испытаний отбойного молота одной из причин остановки работы являлась поломка подшипника качения (рис. 6) именно в том месте, где программа указывает максимальное значение напряжения. Что соответствует адекватности расчетных значений экспериментальным результатам.

Исходя из проведенного анализа и полученных данных, инструментом (подпрограмма) Fatigue Sensitivit построен график зависимости количества циклов от коэффициента нагрузки, позволяющего оценить срок службы ударного узла отбойного молота. Приблизительное количество циклов работы ударного узла показано на рисунке 7. Из графика видно, что при полной нагрузке (2,7 МПа) число соударений составляет $\approx 120\,000$ циклов. Если предположить, что молот совершает 300 ударов в минуту, то продолжительность его непрерывной работы будет равна 6 – 7 часов.

Для проведения статического анализа подпрограммой Solution были выведены соответствующие инструменты: общая деформация, эквивалентное напряжение, интенсивность упругой деформации, параметры расчета на усталость, включающие расчеты на долговечность, прочность,



а



б

Рисунок 6 – Анализ напряжения и характерная поломка подшипника качения

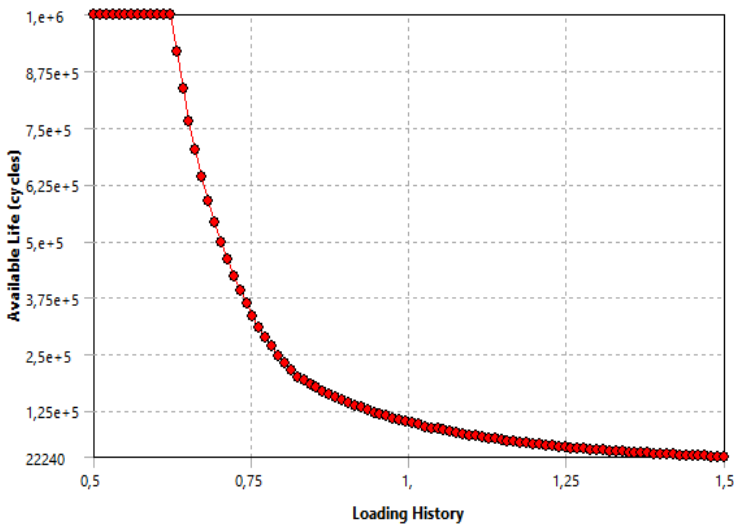


Рисунок 7 – График зависимости количества циклов /от коэффициента нагрузки

Исходя из полученных результатов, можно сделать следующие выводы: участками, воспринимающими наибольшие динамические нагрузки, являются узлы опоры (подшипник - вал). По проведенному статическому анализу отбойного молота с ДКП МПС с воздушной подушкой установлено, что динамические нагрузки действуют также на подшипниковые узлы. Установлено допустимое

количество циклов работы подшипников скольжения, используемых в ударном механизме. Использование программы ANSYS Workbench дает возможность на стадии проектирования определить наиболее нагруженные места, требующие большего внимания, и является эффективным средством качественного проектирования механических ударных машин, обеспечивающих высокую степень надежности и долговечности.

Литература

1. Джуматаев М.С., Абдрахманов И.А., Уркунов З.А. Шарнирно - рычажные ударные механизмы с кинематической развязкой ударного узла. – Бишкек: Илим, 2007.
2. Джуматаев М.С., Каримбаев Т.Т., Баялиев А.Ж. Ударные механизмы с разделяющимся бойком. – Бишкек : Илим, 2015. – 137 с.
3. Джуматаев М.С., Каримбаев Т.Т., Уркунов З.А., Баялиев А.Ж. Двухкривошипно-ползунный ударный механизм с воздушной подушкой / Сб. научных трудов Института машиноведения. – Вып.5. – Бишкек: Илим, 2006. – С. 20 – 25.
4. Джуматаев М.С., Уркунов З.А., Баялиев А.Ж. Молот с воздушной подушкой/ Сб. научных трудов Института машиноведения. – Вып.6. – Бишкек: Илим, 2008. – С.65–70.
5. Уркунов З.А., Фокин Ю.А., Абидов А.О. Анализ причин возникновения экспериментальных усилий и поломок ручных ударных машин с шарнирным четырехзвенным ударным механизмом// Механизмы переменной структуры и виброударные машины: Материалы международной конференции. – Бишкек, 1999. – С. 278 – 284.