

УДК 621.671:001.891.57

МОДЕЛИРОВАНИЕ И РАСЧЕТ КОНСТРУКЦИЙ ЛИТЫХ ДЕТАЛЕЙ ЦЕНТРОБЕЖНЫХ ПЕСКОВЫХ И ГРУНТОВЫХ НАСОСОВ. СООБЩЕНИЕ 2

Е.Б. Агапитов, д.т.н., профессор, зав. кафедрой «Теплотехнические и энергетические системы»

К.Н. Вдовин, д.т.н., профессор, зав. кафедрой «Литейное производство и материаловедение»

С.Ю. Волков, мл. науч. сотрудник кафедры «Литейное производство и материаловедение»

Магнитогорский государственный технический университет (Магнитогорск, Россия)

Аннотация. В целях изучения возможностей снижения времени и затрат на разработку и доводку новых проточных частей рудных насосов проведено математическое моделирование, а так же анализ влияния конструкции насосов и рабочей среды на их стойкость. Предложена новая конструкция рабочего колеса насоса типа 1ГрК 160/31,5.

Ключевые слова: надежность, долговечность, износостойкий чугун, структура, математическая модель, геометрия рабочего колеса, твердость, износ, гидроабразивный износ, ударно-абразивный износ, легирование.

E-MAIL: Vs_mgtu@mail.ru

В сообщении 1 была представлена математическая модель, которая могла позволить сконструировать и изменить геометрию рабочего колеса насоса серии Гр. С целью совершенствования геометрии проточной части насоса Гр 8 и повышения срока его службы проведем моделирование его работы поэтапно, пользуясь полученной моделью.

Для расчета построена цельная модель проточной части насоса Гр 8 (рис. 1). Особенностью моделирования было разнесение в пространстве проточных частей корпуса насоса и рабочего колеса.

Расчет проведен до стабилизации параметров во входном и выходном сечениях. За критерии стабилизации принято постоянство во времени перепада давления рабочего тела на входе и выходе, а также осреднен-

ного по площади выходного сечения расхода рабочего тела. В процессе расчета проводилась визуализация картины течения в проточной части насоса с помощью векторов скоростей (рис. 2). Для анализа гидродинамики течения рабочего тела в проточной части насоса был проведен расчет скорости и давления рабочего тела в проточной части насоса (рис. 3).

Эффективность моделирования во многом определяется качеством построенной рабочей сетки. На первом этапе строилась грубая расчетная сетка, состоящая из нескольких тысяч ячеек (3500 – 4000). Затем проводилось уточнение расчетной сетки и ее измельчение. После окончания этого процесса количество расчетных ячеек превысило 600 тыс. При этом, при увеличении числа расчетных ячеек, т. е. при уменьшении размеров



Рис. 1. Геометрическая модель проточной части насоса Гр 8

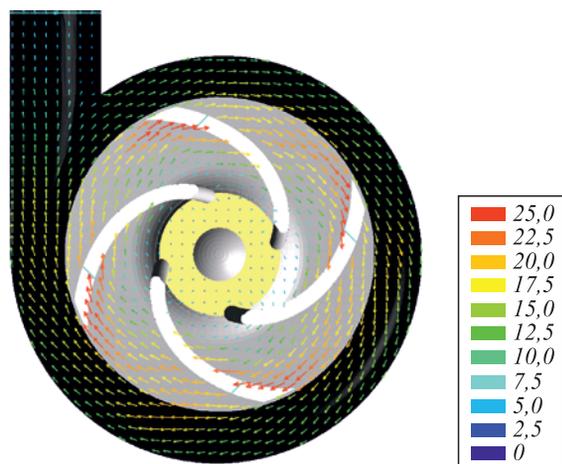


Рис. 2. Распределение скорости потока в проточной части насоса Гр 8

ячеек сетки, также уменьшался и шаг по времени, который на последнем этапе расчета составил $5 \cdot 10^{-5}$ с.

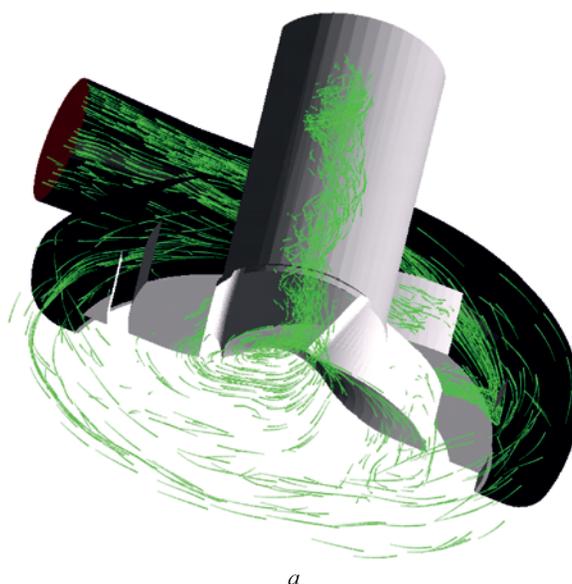
Кроме того, были определены зоны турбулентности в проточной части насоса и рассчитаны значения давления и напряжений на поверхности рабочего колеса и корпуса насоса. На поверхности насоса рассчитали значения давления и силы поверхностных напряжений как рабочего колеса, так и корпуса насоса.

Установлено, что давление потока жидкости на поверхность рабочего колеса имеет наибольшие значения на периферии рабочего колеса и на выходных кромках лопаток. Распределение давления по поверхности неравномерное и изменяется в достаточно широких пределах. На периферии диска рабочего колеса имеются локальные зоны с экстремальными значениями давления: максимальное давление может достигать 0,25 МПа, а минимальное 0,03 МПа. Подобная картина наблюдается при анализе напряжений на поверхности рабочего колеса.

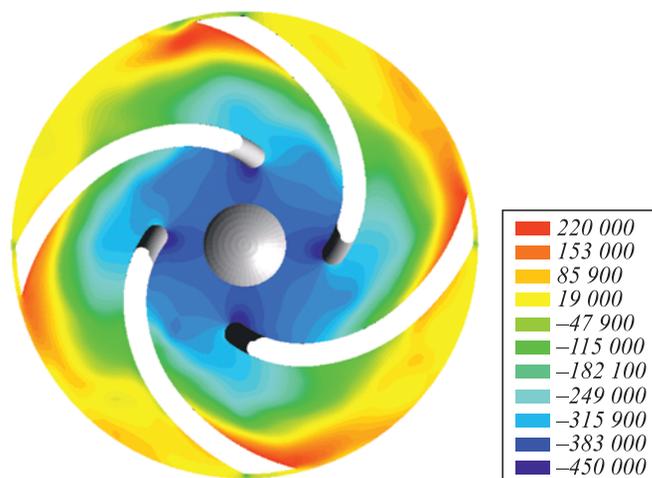
При анализе напряжений, возникающих на поверхности рабочего колеса, обнаружены зоны с их повышенными значениями на входном участке рабочего колеса, что говорит о необходимости изменения конструкции входного участка рабочего колеса, формирующего поток.

Результаты исследований по расчету проточной части насоса Гр 8 показали, что наиболее уязвимыми элементами рабочего колеса являются концевые и начальные участки лопаток, где возникают наибольшие напряжения и турбулентности, а также начальный участок выходного узла насоса, где возникают турбулентности, приводящие к повышенному износу корпуса. Полученные расчетные зависимости совпадают с наблюдаемыми на практике зонами износа (Агапитов Е.Б., Вдовин К.Н., Волков С.Ю. // Изв. вуз. Черная металлургия. 2014. № 3. С. 53 – 57)

После анализа серии проведенных расчетов получена новая конструкция (геометрия) рабочего колеса Гр8.



а



б

Рис. 3. Характер течения (а) и давление рабочего тела (б) в проточной части рабочего колеса насоса

Для уменьшения износа заднего диска рабочего колеса модели изменена форма сечения колеса. Рассчитан радиус расположения лопаток, их форма и угол среза лопастей лопаток на входе потока (рис. 4).

При разработке конструкций улиток было достигнуто снижение скорости потока, особенно в их расчетном сечении, что позволит снизить износ рабочих поверхностей. Известно, что величина абразивного изнашивания пропорциональна скорости потока в кубической степени. В канале улитки были снижены циркуляционные массы потока, что также позволит снизить износ улиток.

Серия проведенных расчетов позволила разработать конструкцию насоса Гр 8, обеспечивающую снижение напряжений в зонах турбулентности потока внутри насоса, снижение локальных скоростей потока, уменьшение статического давления на стенки насоса и напряжения на его поверхности.

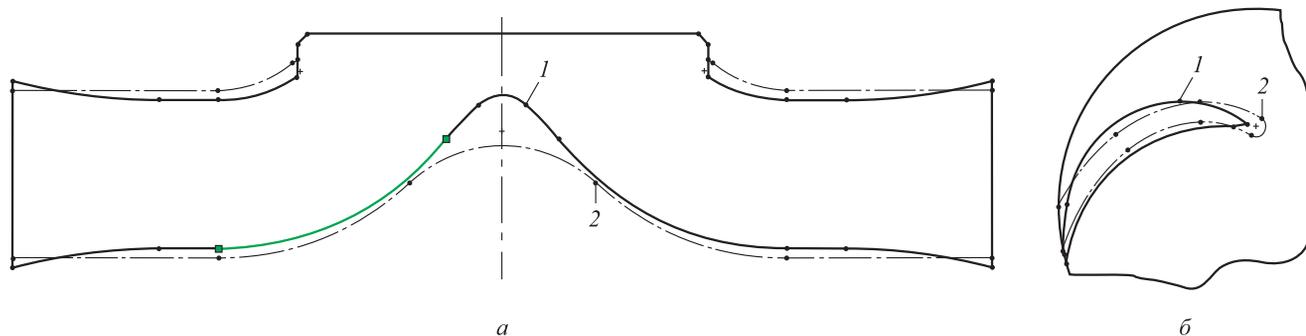


Рис. 4. Профиль конструкции рабочего колеса (а) и лопатки (б):
1 – новой; 2 – базовой конструкции

На основе проведенного моделирования была разработана конструкция рабочего колеса насоса ГР 8. Обследования опытных образцов рабочих колес 8ГрТ8-И после рабочего цикла показали снижение износа рабочих лопаток по сравнению с исходной геометрией. При этом отмечалось, что сквозные «пропилы» появляются

в первую очередь на заднем диске колеса со стороны ступицы. Заводу-изготовителю было рекомендовано увеличить толщину стенок колеса на 5 мм каждую.

© 2014 г. *Е.Б. Агапитов, К.Н. Вдовин, С.Ю. Волков*
Поступила 10 февраля 2014 г.

MODELING AND CALCULATION OF STRUCTURES OF CAST PARTS OF CENTRIFUGAL GRAVEL AND GROUNDWATER PUMPS TO OPTIMIZE THEIR GEOMETRY AND THE DEVELOPMENT OF NEW CHEMICAL COMPOSITION OF THE ALLOY. PART 2

E.B. Agapitov, Dr. Eng., Professor, Head of the Chair of Thermal and Energy systems
K.N. Vdovin, Dr. Eng., Professor of the Chair of Electrometallurgy and foundry production
S.J. Volkov, Junior Researcher of the Chair of Materials Science and Foundry

Magnitogorsk state technical university of G.I. Nosov (Magnitogorsk, Russia)

E-MAIL: Vs_mgtu@mail.ru

Abstract. A mathematical modeling and analysis of the impact of pumps' construction and working environment on their resistance have been carried out in order to study the possibilities of reducing the time and cost of developing and perfecting of new flow parts of ore pumps. A new construction of the pump's impeller (type 1GrK 160/31, 5) was offered.

Keywords: reliability, durability, wear-resistant cast iron, structure, mathematical model, geometry of the impeller, hardness, wear, hydroabrasive wear, shock-abrasion wear, alloying.

Received February 10, 2014