

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации БОЧАРНИКОВА Михаила Сергеевича  
«Разработка и исследование металлгидридных компрессоров водорода  
высокого давления для систем аккумулирования энергии», представ-  
ленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по  
специальности 05.14.01 – Энергетические системы и комплексы

Диссертационная работа Бочарникова М.С. посвящена разработке научно-технических основ создания систем компримирования на основе металлгидридных компрессоров водорода высокого давления, предназначенных для использования в энергокомплексах с ВИЭ, на заправочных станциях и в резервных системах электропитания. Работа является актуальной и важной для развития водородных технологий.

Во введении соискателем четко сформулированы цели и задачи исследования, а также положения научной новизны и практической значимости работ. В первой главе приведен литературный обзор по тематике диссертации. Особое внимание уделено способам улучшения теплообменных процессов при сорбции-десорбции водорода и повышению эффективности конструкции и функционирования металлгидридных компрессоров. Автором был разработан испытательный стенд, комплекс методик проведения экспериментальных исследований, создана математическая модель процесса тепломассопереноса в накопителе водорода. В качестве материала для компримирования водорода М.С. Бочарников предложил использовать ИМС  $\text{LaNi}_{4,8}\text{Al}_{0,2}$ ,  $\text{LaNi}_5$ ,  $\text{La}_{0,75}\text{Ce}_{0,25}\text{Ni}_5$ ,  $\text{La}_{0,5}\text{Ce}_{0,5}\text{Ni}_5$ , которые имеют высокую скорость обратной сорбции водорода. Для компримирования водорода с 0,35 до 15 МПа требуется работа компрессора по двухступенчатой схеме: на первой ступени используется  $\text{LaNi}_5$ , а на второй —  $\text{La}_{0,5}\text{Ce}_{0,5}\text{Ni}_5$ .



Исследования процессов сорбции-десорбции и тепломассопереноса внутри металлгидридных устройств позволили определить реальную динамику процесса и разработать алгоритм работы компрессора. Используя результаты макетно-модельных экспериментов соискателю удалось изготовить и испытать металлгидридные компрессоры ТСК2-3,5/150 и ТСК1-3,5/150.

Автором проделана большая теоретическая и экспериментальная работа. Полученные оригинальные результаты апробировались на российских научных конференциях, защищены патентом и опубликованы в 13 научных журналах, в том числе включенных в перечень ВАК РФ и международные реферативные базы данных Web of Science и Scopus.

По автореферату следует сделать следующее замечание:

Соискателем обнаружен эффект уменьшения емкости и производительности компрессора ТСК1-3,5/150 по мере увеличения числа циклов (~23,0% по водородоемкости). Причинами этого, как считает М.С. Бочарников, является окисление интерметаллида  $\text{LaNi}_5$  парами воды и примесью кислорода в электролизном водороде и реакции гидрогенолиза ( $\text{LaNi}_5 + \text{H}_2 \rightarrow \text{LaH}_2 + 5\text{Ni}$ ). Процесс, аналогичный реакции гидрогенолиза, реализуется в качестве обработки «HDDR» в сплавах системы Nd-Fe-B при температуре более 800 °C:  $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B} \rightarrow \text{NdH}_x + \text{FeB} + \text{Fe}$ . И он не может быть определяющей причиной снижения емкости.

Сделанное замечание не снижает общей значимости диссертационной работы.

Диссертационная работа «Разработка и исследование металлгидридных компрессоров водорода высокого давления для систем аккумулирования энергии» представляет собой законченную научно-квалификационную работу, которая соответствует всем критериям, установленным п. 9 Положения о порядке присуждения ученых степеней № 842 от 24.09.2013г., а ее автор - Бочарников Михаил Сергеевич - заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.14.01 – Энергетические системы и комплексы.

Отзыв составил начальник лаборатории металлургических процессов  
АО «Ведущий научно-исследовательский институт химической технологии»  
(АО «ВНИИХТ»), 115409, г. Москва, Каширское шоссе, д. 33,

тел.: +7 499-324-74-74, доб. 620, моб. +7-916-545-10-64, E-mail:  
melnikovsa@vniiht.ru

Кандидат физ.-мат. наук



С.А.Мельников

Подпись Мельникова Сергея Александровича

удостоверяю:

Заместитель директора по науке АО «ВНИИХТ»



Ю.М.Трубаков

115409, г. Москва, Каширское шоссе, д. 33, АО «ВНИИХТ»

Тел.+7 499-324-74-74, доб. 780, E-mail: info@vniiht.ru