

Список літератури: 1. Приходько А. А., Елисеєв В. И., Бурылова Н.В. Математическое моделирование тепломассопереноса и электрических процессов в ячейке химического источника тока [Текст] / А. А.Приходько, В. И.Елисеєв, Н. В. Бурылова // Промышленная теплотехника. - 2007, Т.29.- №3. - С.43-46. 2. Чайковська Є. Є. Інтелектуальне управління функціонуванням енергетичних систем на основі контролю їх працездатності [Текст] / Є. Є. Чайковська // Восточно - Европейский журнал передовых технологий.- 2006.- №3/2(21) .- С. 48-52. 3. Чайковская Е. Е. Управление согласованием производства и потребления теплоты на уровне принятия решений [Текст] / Е. Е Чайковская //Восточно-Европейский журнал передовых технологий.—2007.-№ 2/3(26) .-С.16-20. 4. Чайковская Е. Е. Поддержание функционирования энергетических систем на основе интеллектуального управления тепломассобменными процессами [Текст] / Е. Е. Чайковская// Труды 6-го Минского Международного Форума по тепломассобмену.- ИТМО им. А.В. Лыкова НАНБ, 8-05, 2008.-С.1-10. 5. Чайковська, Є. Є. Енергозберігаючі технології на рівні прийняття рішень [Текст] / Є. Є. Чайковська // Вісник Національного технічного університету “ХПІ”. Серія ” Нові рішення в сучасних технологіях ”. – Харків, 2012. –№33. – С.103 - 108. 6. Чайковська Є. Є., Сивоглаз Г. В. Підтримка функціонування вітродизельної енергетичної установки [Текст] / Є. Є. Чайковська, Г. В. Сивоглаз // VI Международная научно-практическая конференция “Aktualni vymozenosti Vedy -2010”: Материалы докл. , Прага. 27 июня -5 июля 2010.- С.39-43.

УДК 621.182.2.001.57

Поддержка электроаккумуляции на уровне принятия решений/ Е. Е. Чайковская //Вестник НТУ «ХПИ». Серия «Новые решения в современных технологиях». – Харьков: НТУ «ХПИ». – 2012. - №50(956). С. 124-127

Предложено поддерживать электроаккумуляцию на основе оценки изменения тепловой аккумуляющей емкости. Ил.: 4. Библиогр.:6. назв.

Ключевые слова: электроаккумуляция, принятие решений

УДК 621.182.2.001.57

Support for electro accumulation on decision –making level / Е. Chaikovskaya //Bulletin of NTU “KhPI”. Subject issue: New desicions of modern technologies. – Kharkov: NTU “KhPI”. – 2012. - №50(956). P. 124-127

It is suggested to support electro accumulation on the basis of estimation of change of heat accumulation capacity. П.:4 : Bibliogr.: 6.

Keywords: electro accumulation, on decision-making level

Надійшла до редакції 20.09.2012

УДК 621.224

К. А. МИРОНОВ, канд. техн. наук, доц., НТУ «ХПИ», Харьков;

И. И. ТЫНЬЯНОВА, канд. техн. наук, ст. преп., НТУ «ХПИ», Харьков;

А. А. ГУЛАХМАДОВ, аспирант, НТУ «ХПИ», Харьков

СОЗДАНИЕ ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫХ ПРОТОЧНЫХ ЧАСТЕЙ ВЫСОКОНАПОРНЫХ РАДИАЛЬНО-ОСЕВЫХ ГИДРОТУРБИН

В работе рассмотрены вопросы повышения энергетических показателей проточных частей высоконапорных гидротурбин. Исследовалось влияние геометрических параметров лопастной системы рабочего колеса и формы профилей лопатки направляющего аппарата на формирование энергокавитационных качеств гидротурбины. Из.: 6. Библиогр.: 22 назв.

© К. А. МИРОНОВ, И. И. ТЫНЬЯНОВА, А. А. ГУЛАХМАДОВ, 2012

Ключевые слова: гидротурбина, проточная часть, рабочее колесо, направляющий аппарат.

Вступление. Совершенствование проточных частей (ПЧ) гидротурбины (ГТ) базируется на проведении обширных численных исследований, в процессе которых осуществляется поиск наиболее рациональных вариантов. В основе такого поиска лежит многовариантный численный анализ влияния геометрических и режимных параметров отдельных элементов ПЧ на энергетические показатели ГТ.

Применение ЭВМ при проектировании ПЧ имеет определенные преимущества: значительное уменьшение затрат времени на разработку новой ПЧ; возможность реализации более совершенных алгоритмов, как на стадии проектирования, так и на стадии прогнозирования характеристик новой ПЧ; возможность реализации численного эксперимента, что позволяет минимизировать количество изготавливаемых моделей и затрат на физический эксперимент.

Анализ последних исследований и литературы. Для решения этой задачи используются как упрощенные модели течения, так и более сложное кинематическое описание потока с помощью квазитрехмерных и трехмерных моделей течения жидкости [1-4].

Разработка высокоэффективных ПЧ связано с совершенствованием лопастной системы рабочего колеса (РК) ГТ, что представляет собой довольно длительный итерационный процесс. На кафедре гидромашин НТУ «ХПИ» накоплен обширный опыт проектирования и прогнозирования энергокавитационных характеристик радиально-осевых (РО) РК [5–18], подтвержденный экспериментальными исследованиями.

Цель исследования – разработка в сжатые сроки ПЧ высоконапорных РО ГТ с высокими энергокавитационными показателями.

Материалы и результаты исследования. Для профилирования лопастной системы РК необходимо определить форму меридионального потока. В принятой полости РК, на основании результатов экспериментальных и расчетных исследований потока ГТ близкой быстроходности рассчитывают меридиональный поток. Поток в полости РК типа РО500 был принят равноскоростным. Такое допущение приемлемо при построении потока в тихоходных РО РК, когда поворот потока осуществляется достаточно плавно.

В случае равноскоростного потока градиент давления вдоль нормалей к поверхностям тока $\partial p / \partial n \cong 0$. Значительное нарушение равновесия потока на обеих сторонах лопасти ведет к смещению расхода к одному из ободьев РК. Если поток смещается в направлении втулки, то крутящий момент РК снижается; следовательно, уменьшается КПД турбины. Кроме того, нарушение равновесия на одной из сторон лопасти вызывает неодинаковое смещение линий тока на лицевой и тыльной сторонах лопасти. Пересечение линий тока в лопастном канале приводит к образованию вторичных течений, возникновению вихрей и увеличению потерь энергии как в РК, так и в отсасывающей трубе.

Профилирование лопастной системы РК выполнялось одномерным методом при заданном положении входной и выходной кромок лопасти с последующим отображением на конформную поверхность. Для удобства в качестве конформной поверхности выбран цилиндр диаметром 1 метр. Это позволяет сравнивать все

профиля на единой развертке [15].

Форма полости, положение входной и выходной кромок были выбраны, ориентируясь на лучшие РК близкой быстроходности, разработанные на кафедре гидромашин НТУ «ХПИ» (рис. 1). Расчетные параметры оптимального режима были приняты следующие: $Q_1' = 150 \text{ л/с}$; $n_1' = 60 \text{ мин}^{-1}$.

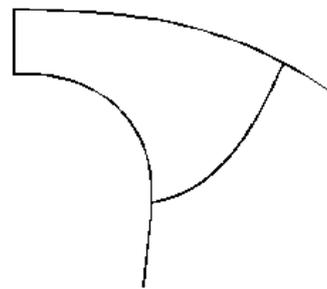


Рис. 1. Меридиональная проекция РК PO500

С целью расчетной оценки ожидаемых энергокавитационных показателей спроектированного РК выполнен расчет обтекания решёток профилей лопастной системы РК на криволинейных поверхностях тока в слое переменной толщины, который осуществлялся методом ЦКТИ [19, 20] для трех решеток профилей (ступица, средняя, нижний обод). Задачей расчета являлось определение значений относительной скорости $W(S)$ и давления $\bar{p}(S)$ на лицевой и тыльной сторонах профилей решеток спроектированной лопастной системы РК; определение профильных, ударных, циркуляционных потерь, осредненных параметров потока в межлопастных каналах и момента скорости $(rCu)_2$ на выходе из решеток. Также определялись параметры оптимального режима.

Для обеспечения условия равновесия потока ($\partial p / \partial n \cong 0$) и уменьшения вторичных течений в полости РК необходимо обеспечить минимальный градиент давления вдоль нормалей к поверхностям тока. Увеличение выходного угла лопасти у обода РК (рис. 2) привело к уменьшению градиента давления вдоль нормалей к поверхностям тока. Что должно привести к уменьшению вторичных течений в каналах и полости РК, т.е. к уменьшению вызванных этим явлением потерь энергии.

Также спроектированное РК имеет небольшую положительную закрутку потока вблизи втулки и нижнего обода, что позволяет предположить хорошее согласование РК и отсасывающей трубы [11, 17, 18].

Расчет проводился для РК с разным числом лопастей $z=9$; $z=13$; $z=17$. Результаты расчета приведены в табл. 1.

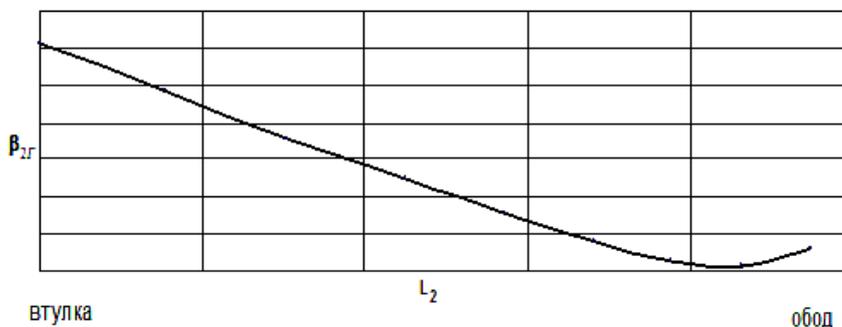


Рис. 2. Геометрические углы $\beta_{2r}(L_2)$ вдоль выходной кромки РК PO 500

Таблица 1 - Результаты расчета энергокавитационных характеристик РК

Вариант	z_{PK}	Σh	σ
1	9	2,16	0,053
2	13	1,54	0,04
3	17	1,3	0,025

В высоконапорных гидротурбинах существенную роль в общем балансе потерь составляют потери энергии в направляющем аппарате (НА) [21]. Поэтому при

профилировании лопастной системы РК необходимо учитывать структуру потока за лопатками НА, которая зависит от формы полости в зазоре между лопастными системами НА и РК (рис. 3).

В работе была проведена оценка влияния формы профиля лопатки НА (рис. 4) на формирование оптимального режима. Получены параметры оптимального режима с тремя различными формами профиля лопаток НА (табл. 2).

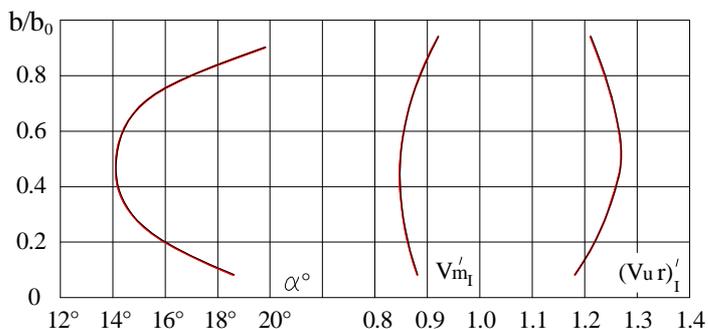


Рис. 3. Структура потока за НА на оптимальном режиме работы ГТ РО 500

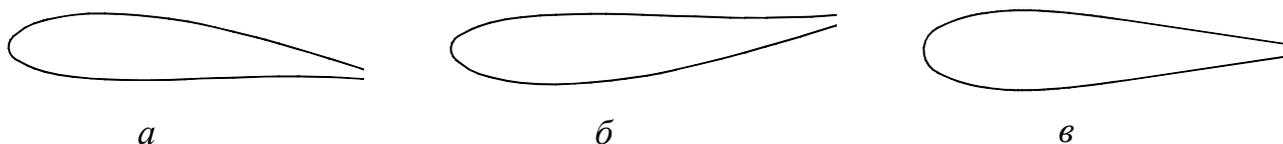


Рис. 4. Формы профилей НА: а - положительной кривизны; б - отрицательной кривизны; в – симметричная

Таблица 2- Влияние формы НА на формирование оптимального режима

Вариант	Q_{1opt}	n_{1opt}	α_{0opt}	$\Sigma h_{НА}$	$\eta_{ГТ}$
а	152	60,24	11,85	3,88	92,2
б	146	60,13	11,16	3,45	92,8
в	147	60,2	11,31	3,16	93

В результате расчета были получены значения отдельных видов потерь в НА в проточной части (ПЧ) ГТ. НА с симметричным профилем имеет минимальные потери энергии в области оптимальных расходов, а с лопаткой отрицательной кривизны в области максимальных расходов [21]. Если планируется работа ГТ типа РО500 только на оптимальном режиме или при максимальном расходе на расчетном режиме, то целесообразнее вместо НА использовать сопловой аппарат [22]. Проектирование РК и построение прогнозной универсальной характеристики ПЧ ГТ (рис. 5) выполнялось при помощи комплекса прикладных программ, описание и блок-схема которого приведены в работах [10, 13, 14].

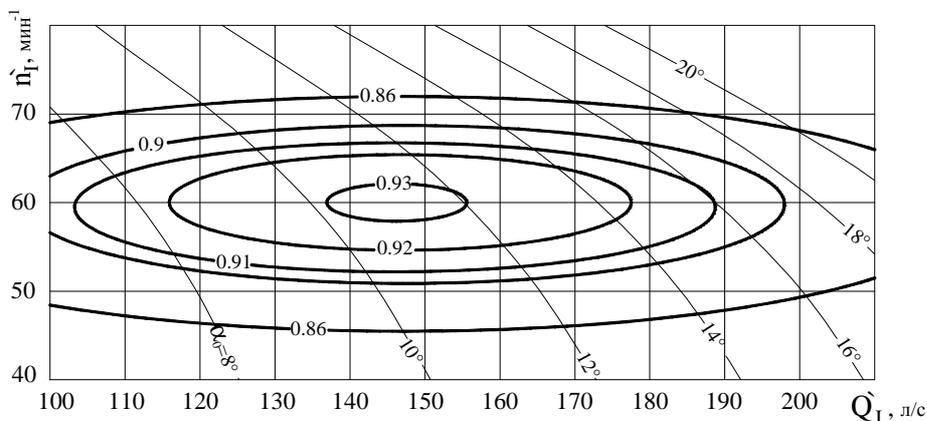


Рис. 5. Прогнозная универсальная характеристика ГТ типа РО500 с симметричным НА

На рис. 6 приведены

зависимости отдельных видов потерь от приведенного расхода $\frac{\bar{h}_i}{H} = f\left(\frac{Q'_I}{Q'_{onm}}\right)$ при

$n'_{I_{onm}} = const$ и от приведенных оборотов $\frac{\bar{h}_i}{H} = f\left(\frac{n'_I}{n'_{onm}}\right)$ при $Q'_{I_{onm}} = const$ для РО ГТ

РО500. Анализ баланса потерь необходим для выяснения условий формирования оптимального режима и степени согласования элементов ПЧ.

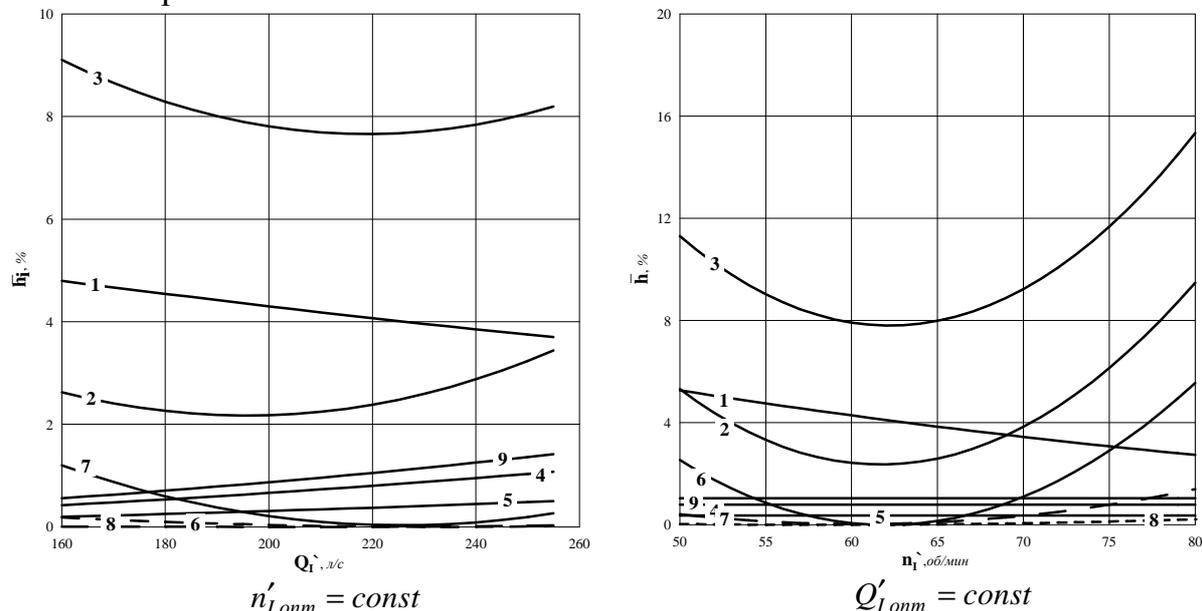


Рис. 6. Зависимость потерь в ПЧ: 1-суммарные потери в подводе, 2-суммарные потери в рабочем колесе и отсасывающей трубе, 3-суммарные потери во всей ПЧ, 4-потери трения в рабочем колесе, 5-кромочные потери, 6-ударные потери, 7-циркуляционные потери, 8-потери от осевого вихря, 9-потери трения в отсасывающей трубе

Приведенные расчетные данные позволяют сделать выводы о влиянии отдельных видов гидравлических потерь на параметры оптимального режима, а также о их влиянии на характер изменения КПД при удалении от оптимального режима, т.е. о пологости кривых $\frac{\eta}{\eta_{max}} = f\left(\frac{Q'_I}{Q'_{onm}}\right)$ при $n'_{I_{onm}} = const$ и $\frac{\bar{h}_i}{H} = f\left(\frac{n'_I}{n'_{onm}}\right)$

при $Q'_{I_{onm}} = const$.

при $Q'_{I_{onm}} = const$.

Заключение. Спроектирована ПЧ высоконапорной РО ГТ с высокими энергетическими показателями. РК типа РО500 для полученной ПЧ должно обеспечить повышение максимального КПД за счет более сбалансированного потока в нем как вдоль лопастей, так и по размаху лопасти и снижению вторичных течений в области РК. Проведено численное исследование влияния формы профилей лопатки НА на формирование параметров оптимального режима ГТ. Выполнено построение прогнозной универсальной характеристики ГТ.

Список литературы: 1. Launder B. E., Spalding D. B. The Numerical Computation of Turbulent Flows. //Comp. Meth. Appl. Mech. Eng. – 1974. – Vol. 3. – P. 269-289. 2. Wilcox D. C. Turbulence Modeling for CFD // DCW Industries, Inc., 1993. – 460 с. 3. Ruprecht A. Unsteady Flow Simulation in Hydraulic Machinery. – 2002. – Vol. 6, no 1. – P. 187-

208. **4.** *Thum Susanne.* Optimization of Hydraulic Machinery Bladings by Multilevel CFD Techniques // International Journal of Rotating Machinery. – 2005. – Vol. 2. – P. 161–167. **5.** *Колычев В. А.* О задании краевых условий в задаче осесимметричного движения жидкости в области рабочего колеса высоконапорной радиально-осевой гидротурбины / *В. А. Колычев* // Гидравлические машины, 1981. – Вып. 15. – С. 51-58. **6.** *Барлит В. В.* Анализ экспериментальных данных потока в проточной части тихоходной радиально-осевой гидротурбины / *В. В. Барлит, В. К. Шеховцов* [и др.] // «Гидравлические машины», 1986. – Вып. 20. – С. 53-59. **7.** *Колычев В. А.* Метод расчета энергетических характеристик радиально-осевых гидротурбин / *В. А. Колычев, К. А. Миронов* [и др.] // Вісник Національного технічного університету “Харківський політехнічний інститут”. – Харків : НТУ “ХПІ”, 2001. – Вип. 129. – Ч. 1. – С. 55–64. **8.** *Потетенко О. В.* Основные параметры и закономерности структуры потока в высоконапорных гидротурбинах РО 400-500 / *О. В. Потетенко, Н. Г. Шевченко, Л. Р. Радченко, С. М. Ковалев, Ю. А. Подвойский* // Вестник НТУ «ХПИ»: Сб. науч. трудов. – Харьков: НТУ «ХПИ». – 2004. – № 11. – С. 68-75. **9.** *Потетенко. О. В.* Анализ вихревой структуры потока в каналах радиально-осевой гидротурбины на напоры 400-500 м / *О. В. Потетенко, Н. Г. Шевченко* [и др.] // Вестник НТУ «ХПИ»: Сб. науч. трудов. – Харьков: НТУ «ХПИ». – 2004. – № 12. – С. 45-55. **10.** *Колычев В. А.* Применение упрощенной модели рабочего процесса для расчета и анализа энергетических характеристик высоконапорной радиально-осевой гидротурбины / *В. А. Колычев, К. А. Миронов, И. И. Тынъянова* [и др.] // Вісник Національного технічного університету “Харківський політехнічний інститут”. – Харків : НТУ “ХПІ”, 2004. – № 11. – С. 109–120. **11.** *Миронов К. А.* Улучшение энергетических показателей рабочих колес гидротурбины РО500 при помощи численного моделирования течения в проточной части / *К. А. Миронов, В. В. Барлит* [и др.] // Вісник Національного технічного університету “Харківський політехнічний інститут”. – Харків: НТУ “ХПІ”, 2004. – № 12. – С. 41-48. **12.** *Колычев В. А.* Расчет и анализ баланса потерь энергии в высоконапорной радиально-осевой гидравлической турбине / *В. А. Колычев, К. А. Миронов, И. И. Тынъянова* [и др.] // Східно-Європейський журнал передових технологій. – Харків, 2005. – № 1/2 (13). – С. 95–106. **13.** *Колычев В. А.* Общие закономерности рабочего процесса и их применение для расчета и анализа энергетических характеристик гидротурбин / *В. А. Колычев, И. И. Тынъянова, К. А. Миронов* // Восточно-европейский журнал передовых технологий, № 4/3 (22). - Харьков, 2006. – С. 54-64. **14.** *Миронов К. А.* Комплекс прикладных программ для проектирования и расчета радиально-осевых рабочих колес гидротурбин // Вісник Національного технічного університету “Харківський політехнічний інститут”. – Харків: НТУ “ХПІ”, 2007. – № 17. – С. 18–25. **15.** *Барлит В. В.* Расчет и проектирование проточной части реактивных гидротурбин на основе численного моделирования рабочего процесса : учеб. пособие / *В. В. Барлит, К. А. Миронов* [и др.]. – Харьков: НТУ “ХПИ”, 2008. – 216 с. **16.** *Колычев В. А.* Согласование элементов проточной части при проектировании радиально-осевых гидротурбин / *В. А. Колычев, К. А. Миронов, И. И. Тынъянова* // Пробл. машиностроения, т. 12, № 5. – Харьков, 2009. – С. 3-8. **17.** *Миронов К. А.* Проектирование рабочих колес радиально-осевой высоконапорной гидротурбины на параметры ГЭС Каменг // Вестник НТУ «ХПИ». Сб. науч. трудов. Тематический выпуск «Технологии в машиностроении». – Харьков: НТУ «ХПИ». – № 24. – 2010. – С. 69-76. **18.** *Миронов К. А.* Разработка радиально-осевых рабочих колес с высокими энергетическими показателями // Науковий вісник будівництва. – Харків: ХДТУБА, ХОТВ АБУ. – № 66. – 2011. – С. 411-415. **19.** *Раухман Б. С.* Расчет обтекания пространственных решеток профилей гидротурбин с программированием на ЭЦВМ. РТМ 24.023.07. – Л. –1972. – 52 с. **20.** *Барлит В. В.* Расчет обтекания решеток профилей лопастных систем гидромашин: учеб.-метод. пособие / *В. В. Барлит, В. В. Бородаевский, Л. К. Яковлева.* – Харьков: НТУ «ХПИ», 2005. – 56 с. **21.** *Барлит В. В.* Разработка и численное исследование подвода высоконапорной гидротурбины РО500 / *В. В. Барлит, П. Н. Сухоробый* [и др.]. // Вестник НТУ «ХПИ», Вып.9. - т.2. - Харьков, 2003. – С. 33-40. **22.** *Потетенко О. В.* Тенденции продвижения горизонтальных прямооточных и радиально-осевых гидротурбин на высокие напоры с широким диапазоном эксплуатации / *В. Э. Дранковский, Е. С. Крупа* [и др.] / Вісник Сумського державного університету. – Суми, 2010. – №3. – С. 125–135 с.

УДК 621.224

Створення високоефективних проточних частин високонапірних радіально-осьових гідротурбін/ Миронов К. А., Тиньянова І. І., Гулахмадов А. А. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення у сучасних технологіях. – Харків: НТУ «ХПІ». – 2012. – №50(956). – С. 127-133

В роботі розглянуті питання підвищення енергетичних показників проточних частин високонапірних гідротурбін. Досліджувався вплив геометричних параметрів лопатевої системи робочого колеса та форми профілю лопатки направляючого апарату на формування енергокавітаційних якостей гідротурбіни. Іл.: 6. Бібліогр.: 22 назв.

Ключові слова: гідротурбіна, проточна частина, робоче колесо, направляючий апарат.

UDC 621.224

Highly effective flow space creation of high-head Francis turbines/ Mironov K. A., Tynyanova I. I., Gulakhmadov A. A. // Bulletin of NTU “KhPI”. Subject issue: New decisions of modern technologies. – Kharkov: NTU “KhPI”. – 2012. – № 50(956). P. 127-133

In the paper discusses the issues of improving the effectiveness of flow space high-head Francis turbines. Influence of geometrical parameters of blade system runner and blade profile of the guide vane high-head Francis turbines on the formation of performance parameters was investigated. Im.: 6. Bibliogr.: 22.

Key words: hydroturbine, flow space, runner, guide vane.

Поступила в редакцію 21.09.2012

УДК 669.162.23:536.21

О. В. КОШЕЛЬНИК, канд. техн. наук, с.н.с., ІПМаш НАН України, Харків;

О. М. ЗАЄЦЬ, аспірант, НТУ «ХПІ», Харків;

В. М. КОШЕЛЬНИК, д-р техн. наук, проф., НТУ «ХПІ», Харків

ОСОБЛИВОСТІ ВИЗНАЧЕННЯ ВИТРАТИ ТА ТЕМПЕРАТУРИ ПРОДУКТІВ ЗГОРЯННЯ У ДИМОВОМУ ТРАКТІ ДОМЕННИХ ПОВІТРОНАГРІВАЧІВ

У статті розглянуто питання стосовно можливості утилізації теплоти димових газів, що відходять від доменних повітрянагрівачів. На основі математичного моделювання теплових режимів регенератора визначено параметри теплоносіїв. Здійснено розрахунки та аналіз динаміки зміни температури і витрати відхідних газів по довжині димового тракту блоку доменних повітрянагрівачів з урахування включення чотирьох апаратів у послідовному режимі. Іл.: 4. Бібліогр.: 13.

Ключові слова: Доменні повітрянагрівачі; гази, що відходять; динамічні характеристики, теплоутилізатор

Вступ. Постановка проблеми у загальному вигляді. Актуальною сучасною проблемою для України є раціональне використання енергоресурсів, що пов'язано з їх високою вартістю [1]. Особливо актуальним є пошук шляхів з економії паливно-енергетичних ресурсів в металургійному комплексі, зокрема у енергоємному доменному виробництві. Важливою проблемою є підвищення енергоефективності роботи доменних повітрянагрівачів, які забезпечують високотемпературний нагрів дуття для доменних печей. Доменні повітрянагрівачі є апаратами регенеративного типу, мають автономну систему опалення, що забезпечує нагрівання масивної вогнетривкої насадки до температур понад 1350°C. Підвищення коефіцієнта використання палива потребує реалізації заходів з утилізації теплоти димових газів,

© О. В. КОШЕЛЬНИК, О. М. ЗАЄЦЬ, В. М. КОШЕЛЬНИК, 2012