

КОНТРОЛЬНИЦІ ІДРИМ.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ УКРАИНЫ

ISSN 0201-744X
ISSN 0372-6053

ВЕСТНИК

НАЦИОНАЛЬНОГО
ТЕХНИЧЕСКОГО
УНИВЕРСИТЕТА
УКРАИНЫ

**“КИЕВСКИЙ
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ
ИНСТИТУТ”**

СУМДУ-БІБЛІОТЕКА
КАФЕДРИ ПРИКЛАДНОЇ
ГІДРОАЕРОМЕХАНІКИ

машиностроение

Том 1

МЕТОДИЧНИЙ
КАБІНЕТ

1999

36

№3

Коэффициент полезного действия свободновихревого насоса типа "Туго" при работе на чистой жидкости и газожидкостной смеси

В работе определены основные положения, позволяющие разработать методику пересчета рабочей характеристики СВН типа "Туго" с воды на газожидкостную смесь. Основные положения разработаны исходя из баланса энергии насоса.

Свободный газ, попадая в проточную часть свободновихревого насоса (СВН) приводит к изменению его рабочей характеристики [1]. Степень влияния газосодержащей смеси на параметры течения в проточной части СВН и его характеристики определяется величиной объемного расхода газосодержания:

$$\beta = \frac{q}{q + Q}, \quad (1)$$

где q , Q - объемный расход газа и жидкости, приведенные к условиям входа в насос. Для практики проектирования и эксплуатации рассматриваемых насосов важно уметь производить расчетное определение указанных изменений характеристики. В данной работе рассматриваются основные положения, на которых может базироваться методика пересчета рабочих характеристик рассматриваемых насосов с воды на газожидкостную смесь. Не достаточное развитие теории рабочего процесса СВН типа "Туго" в сочетании со сложными вопросами течения двухфазных сред заставляет строить сегодня такую методику на основе эмпирических данных в сочетании с гипотезами, базирующимися на результатах визуального исследования картины течения газожидкостной смеси в рассматриваемой проточной части [2, 3].

Экспериментально полученным результатом [1] для СВН типа "Туго" является зависимость $(\mu/\mu_0)/(\varphi/\varphi_0)$, которая при газосодержании $\beta = 0-0,30$ для подач $0,56Q_0$, $0,75Q_0$, Q_0 , $1,13Q_0$ аппроксимируется прямой линией (рис. 1), где: φ_0 - безразмерный коэффициент подачи при $\beta = 0$ (φ - при $\beta \neq 0$); μ_0 - безраз-

мерный коэффициент мощности при $\beta = 0$ (μ - при $\beta \neq 0$). Коэффициенты подачи и мощности определяются по формулам:

$$\varphi = \frac{4Q}{\pi D_2^2 u_2}, \quad (2)$$

$$\mu = \frac{\varphi \psi}{\eta} = \frac{8N}{\rho \pi D_2^2 u_2^3 \eta}, \quad (3)$$



где Q - подача насоса; D_2 - наружный диаметр рабочего колеса; u_2 - окружная скорость рабочего колеса на периферии; η - КПД насоса; N - потребляемая мощность насоса; ρ - плотность рабочей жидкости; ψ - безразмерный коэффициент напора. В свою очередь коэффициент напора определяется по формуле:

$$\psi = \frac{2gH}{u_2^2}, \quad (4)$$

где H - напор насоса. По аналогии с φ и μ в дальнейшем индексом "0" обозначаются параметры насоса при $\beta = 0$ и без индекса - параметры при $\beta \neq 0$.

В соответствии с общей теорией насосостроения, имеем

$$\eta = \eta_m \eta_{об} \eta_r, \quad (5)$$

где η_m - механический КПД; $\eta_{об}$ - объемный КПД; η_r - гидравлический КПД. В СВН типа "Туго" внутренние утечки отсутствуют, а наружные - через концевое уплотнение можно считать равными нулю, тогда $\eta_{об} = 1$. Аналогично равными нулю считаем внешние механические потери (потери на трение в подшипниках и концевом уплотнении) - в соответствии с принятой практикой экспериментальных исследований в насосостроении из потребляемой мощности экспериментальной установки вычитаются потери холостого хода, которые с удовлетворительной для рассматриваемого случая точностью можно считать равными внешним механическим потерям. Соответствующим образом получены и результаты, представленные на рис. 1. Тогда

$\eta_m = \eta_{д.т}$, где $\eta_{д.т}$ — КПД, учитывающий потери на дисковое трение (внутренние механические потери в насосе). Наконец, применительно к экспериментальному результату, представленному на рис. 1, будем считать справедливым условие $\eta_{д.т0} = \eta_{д.т}$. С одной стороны, все испытания проведены на одном и том же насосе и, соответственно, площадь трения во всех случаях оставалась постоянной. С другой стороны, режимы работы насоса менялись, как менялась и величина β , и в общем случае мощность, затрачиваемая на дисковое трение, может меняться. В этом отношении условие $\eta_{д.т0} = \eta_{д.т}$ является допущением. Мы полагаем, что связанная с ним погрешность будет небольшой. С изменением подачи напор СВН меняется мало и, соответственно, заметного перераспределения давления в пазухе рабочего колеса не будет. Более сложным вопросом является влияние газосодержания на дисковое трение. Принимая его незначительным, мы исходим из следующего. С увеличением β в задней пазухе у втулочной области колеса образуется газовая полость от сепарации газа из газожидкостной смеси [3], размеры которой растут с увеличением β . Появление указанной газовой полости уменьшает площадь трения диска о жидкость и, соответственно, мощность дискового трения $N_{д.т}$ уменьшается. С другой стороны, известным фактом является рост коэффициента трения газожидкостной смеси по сравнению с чистой жидкостью, что увеличивает $N_{д.т}$. Два взаимоположенных процесса будут компенсировать друг друга и можно ожидать $N_{д.т} = \text{const}$ при изменении β . Все вышеговоренное позволяет считать

$$\bar{\eta} = \frac{\eta}{\eta_0} \approx \frac{\eta_{г}}{\eta_{г0}}. \quad (6)$$

Прямолинейность зависимости, представленной на рис. 1, позволяет записать

$$\frac{\mu/\mu_0}{\varphi/\varphi_0} = \text{const} \quad \text{или с учетом (3) и (6)} \quad \frac{\psi}{\psi_0} \frac{\eta_{г0}}{\eta_{г}} = \text{const}. \quad (7)$$

Выражение (7) трансформируется с учетом (4) в связь

$$\frac{H\eta_{г0}}{H_0\eta_{г}} = \text{const}. \quad (8)$$

принимая во внимание, что $H/\eta_{г} = H_T$ — теоретический напор насоса, выражение (8) соответствует выводу — теоретический

напор СВН типа "Туго" не изменяется при изменении газосодержания в его проточной части. Естественно этот вывод справедлив в пределах, ограниченных данными рис. 1. Из (8) следует и другое практически важное соотношение

$$\bar{H} = \frac{H}{H_0} = \bar{\eta}_\Gamma = \frac{\eta_\Gamma}{\eta_{\Gamma_0}}, \quad (9)$$

или

$$H = \frac{\eta_\Gamma}{\eta_{\Gamma_0}} H_0. \quad (10)$$

Выражение (10) является уравнением для пересчета напорной характеристики СВН типа "Туго" при изменении β , если известна функция $\bar{\eta}_\Gamma = f(\beta)$. Таким образом, задача сводится к определению влияния газосодержания на гидравлический КПД рассматриваемого насоса.

Рабочий процесс, а следовательно и понятие гидравлического КПД СВН типа "Туго", имеет свою специфику. Согласно [4] имеем

$$\eta_\Gamma = \eta_{\Gamma.c} \eta_{p.n}, \quad (11)$$

где $\eta_{\Gamma.c}$ — КПД, учитывающий потери энергии на гидравлические сопротивления в проточной части насоса; $\eta_{p.n}$ — КПД рабочего процесса насоса, учитывающий его вихревой принцип действия. Следуя [4] можно принять $\eta_{p.n} = 0,63$ и ориентируясь на вывод из выражения (8) допустить $\eta_{p.n_0} = \eta_{p.n}$. Тогда уравнение (10) переписывается в виде

$$H = \frac{\eta_{\Gamma.c}}{\eta_{\Gamma.c_0}} H_0 = \bar{\eta}_{\Gamma.c} H_0. \quad (12)$$

Из определения $\eta_{\Gamma.c}$ следует

$$\eta_{\Gamma.c_1} = \frac{H - h_{\Gamma.c_1}}{H} = 1 - \frac{h_{\Gamma.c_1}}{H}, \quad (13)$$

где $h_{\Gamma.c}$ — потери энергии на преодоление гидравлических сопротивлений в проточной части насоса [4]. Можно полагать, что величина $h_{\Gamma.c}$ пропорциональна квадрату подачи, т.е.

$$h_{\Gamma.c} = kQ^2, \quad (14)$$

где k — коэффициент, учитывающий все частные коэффициенты, как местных сопротивлений, так и коэффициент потери на трение. С учетом сказанного получим выражение для $\eta_{\Gamma.c}$. Со-

гласно (13) имеем

$$\eta_{г.с} = 1 - k \frac{Q^2}{H} \quad \text{и} \quad \eta_{г.с_0} = 1 - k_0 \frac{Q_0^2}{H_0}.$$

Тогда

$$\overline{\eta_{г.с}} = \frac{1 - k \frac{Q^2}{H}}{1 - k_0 \frac{Q_0^2}{H_0}} \quad \text{или} \quad \overline{\eta_{г.с}} = \frac{1 - \bar{k} \cdot k_0 \frac{Q^2}{H}}{1 - k_0 \frac{Q_0^2}{H_0}}, \quad (15)$$

где $\bar{k} = k/k_0$. Поскольку $\bar{H} = \bar{\psi}$ и $\bar{Q} = \bar{\varphi}$, а также с учетом (12) и (15), имеем

$$\bar{\psi} = \frac{1 - \bar{k} \cdot k_0 \frac{Q_0^2 \bar{\varphi}^2}{H_0 \bar{\psi}}}{1 - k_0 \frac{Q_0^2}{H_0}}.$$

Последнее выражение преобразуется к виду

$$\bar{\psi}^2 \left(1 - k_0 \frac{Q_0^2}{H_0} \right) - \bar{\psi} + \bar{k} \cdot k_0 \frac{Q_0^2}{H_0} \bar{\varphi}^2 = 0, \quad (16)$$

и может использоваться для пересчета напорной характеристики СВН типа "Туго" при известных k_0 , $\bar{k} = f(\beta)$ и $\bar{\varphi} = f(\beta)$. Опираясь на экспериментальные данные [1] и имея в виду весьма пологий характер зависимости $\eta = f(Q)$ для СВН типа "Туго", можно принять $\bar{\varphi} = 1$ - изменение газосодержания в проточной части рассматриваемого насоса не влияет на местоположение его оптимальной подачи. Существенно более сложными являются вопросы относительно величин k_0 и \bar{k} .

Для определения \bar{k} можно воспользоваться имеющимися данными в литературе относительно изменения коэффициента гидравлического сопротивления при переходе от транспортировки жидкости к транспортировке газожидкостной смеси. Например, в [5] мы указывали на возможность использования в этом случае формулы Арманда. Дополнительная сложность здесь заключается в зависимости \bar{k} от характера течения газожидкостной смеси. Как показывают результаты визуальных исследований, при изменении величины β мы можем наблюдать различные режимы течения пузырьковый, снарядный и т.д. [2,

6]. Поэтому, с одной стороны, задача определения \bar{k} требует проведения специального исследования. С другой стороны, она методически понятна и это не может служить принципиальным препятствием для построения методики пересчета характеристики рассматриваемых насосов с воды на газожидкостную смесь по вышеоговоренному алгоритму.

Самостоятельной задачей является определение величины k_0 . Для ее решения нами был поставлен специальный эксперимент [7]. По разработанной методике [8] были изготовлены и испытаны СВН типа "Туго" с коэффициентами быстроходности проточной части $n_s = 48, 61, 79, 100$ и 115 . Существующая практика насосостроения свидетельствует, что данный диапазон быстроходностей является основной областью использования СВН данного конструктивного исполнения. Испытанная серия насосов имела одинаковое исполнение, включая одинаковые значения D_2 и результаты получены на одном и том же испытательном стенде. При обработке результатов принималось $\eta_{об} = 1$, вычитались внешние механические потери как потери холостого хода, а также расчетным путем потери мощности на дисковое трение. Мощность дискового трения в пазухе рабочего колеса и на торцевой поверхности основного диска определялась согласно [9] по зависимости

$$N_{д.т.} = 0,25c_1\rho\omega^3(R_2^5 - R_1^5)/2 + c_2\pi\rho\omega^3R_2^4l,$$

где R_1 - радиус втулки рабочего колеса; R_2 - наружный радиус рабочего колеса; ω - угловая скорость; c_1, c_2 - коэффициенты дискового трения; ρ - плотность жидкости; l - ширина основного диска рабочего колеса. Для турбулентного режима течения и широкого зазора пазухи колеса ($s \approx 5$ мм) $c_1 = 0,0622 / Re^{0,2}$ и

$$c_2 = 0,0153 / Re^{0,125}, \quad \text{где} \quad Re = \frac{\omega R_2^2}{\nu} \quad (\nu - \text{кинематический}$$

коэффициент вязкости). Наконец, для всех испытанных насосов принималось $\eta_{р.п} = 0,63$ [4]. С учетом сказанного была определена зависимость $k_0 = f(n_s)$, представленная в табл. 1.

Таким образом, определены основные положения, позволяющие разработать методику пересчета рабочей характеристики СВН типа "Туго" с воды на газожидкостную смесь. В ходе рассмотрения данного вопроса выполнен анализ, позволяющий ставить и решать задачу о балансе энергии в СВН типа "Туго".

Таблица 1 – Расчет зависимости $k_0 = f(n_s)$

n_s	48	61	79	100	115
$Q_0, \text{ м}^3/\text{с}$	0,0104	0,0181	0,0319	0,0483	0,060
$H_0, \text{ м}$	25,2	26,3	27,2	26,5	25,2
$\eta_0, \%$	40,0	49,0	55,0	57,0	51,5
$\eta_{д.т.0}, \%$	97,5	98,3	99,0	99,3	99,4
$\eta_{г.с.0}, \%$	65,1	79,1	88,2	91,1	82,2
$k_0 \times 10^3$	81,31	16,78	3,15	1,01	1,25

Список использованной литературы:

1. Сапожников С.В. Исследование влияния газосодержания на характеристики свободновихревого насоса // Гидравлические машины и гидропневмоагрегаты: теория, расчет, конструирование: Тематический сборник научных трудов / Под ред. И.А.Ковалева. К.: ИСДО, 1994, -С. 89-95.
2. Котенко А.И., Сапожников С.В. Сопоставление процесса кавитации с режимами течения газожидкостных смесей в свободновихревом насосе // Труды 8-й Международной научно-технической конференции "Насосы-96". т.1. - Сумы: ИПП "Мрія" ЛТД, 1996. -С. 347-353.
3. Сапожников С.В. Общее и отличное в явлении срыва параметров при критическом газосодержании в центробежном и свободновихревом насосах // Вестник НТУУ КПИ: Машиностроение, Вып.34. -К.: 1999. -С. 355-361.
4. Евтушенко А.А., Соляник В.А. Рабочий процесс свободновихревого насоса типа «Turo» // Вестник НТУУ КПИ: Машиностроение, Вып.34. -К.: 1999. -С. 346-355.
5. Сапожников С.В. Перекачивание газожидкостных смесей динамическими насосами // Праці II Укр. наук.-техн. конф. "Гідромеханіка в інженерній практиці". -Черкаси, ЧПТ, 1998. -С. 81-86.
6. Энциклопедия эрлифтов / Ф.А.Папаяни, Л.Н.Козыряцкий, В.С.Пащенко, В.С.Кононенко. - Донецк, 1995.
7. Соляник В.А. Энергетические качества проточной части свободновихревого насоса типа "Turo" // Праці II Укр. наук.-техн. конф. "Гідромеханіка в інженерній практиці". -Черкаси, ЧПТ, 1998. -С. 75-80.
8. Соляник В.А. Методика расчета проточной части свободновихревых насосов типа "Turo" на базе обобщенных критериев связи режимных и геометрических параметров // Вісник СумДУ, 1998, № 10. -С. 81-85.
9. Марцинковский В.А., Ворона П.Н. Насосы атомных электростанций. - М.: Энергоатомиздат, 1987. -256 с.

Содержание

<u>Волков М.И.</u> Розрахунок параметрів теплового апарату теплоакумулюючого вітроагрегату	3
<u>Приходько А.А.</u> Компьютерные технологии применения математических методов аэрогидромеханики и теплообмена	7
<u>Струтинский В.Б., Даниленко О.В.</u> Стохастична математична модель гідравлічного приводу металорізального верстата	14
<u>Финкельштейн З.Л., Бойко Л.Н.</u> Оперативная диагностика гидроприводов	20
<u>Евтушенко А.А.</u> Факторы, определяющие форму напорной характеристики насоса высокой быстроходности	26
<u>Гладкий П.М.</u> Испытание на надежность элементов гидропривода по критериям предельного состояния	37
<u>Цивин М.Н.</u> Оценка применимости статистических гипотез при выводе дифференциального уравнения гидравлического прыжка	43
<u>Искович-Лотоцкий Р.Д., Севостьянов И.В.</u> Математическая модель гидроимпульсного привода вибропресса для многокомпонентного нагружения	50
<u>Ткачук Ю.Я.</u> Определение параметров насосных установок объемного гидропривода промышленных роботов на этапе эскизного проектирования	58
<u>Бутько В.С., Сябрюк Е.Н.</u> Экспериментальное исследование динамических свойств регуляторов давления	62
<u>Струтинский В.Б., Тыжнов А.В., Солонин Р.И.</u> Струйные клапаны.	68
<u>Сухоносков А.Ф.</u> Исследование специальных режимов работы исполнительных двигателей в комбинированном приводе с разнородным резервированием	73
<u>Гущин В.М.</u> Движение аэросмесей в пневмотранспортном трубопроводе	79

<u>Андренко П.Н., Клетной В.В., Дмитриенко О.В.</u> Расчет пульсаций давления на выходе однокамерного преобразователя пульсаций	87
<u>Искович-Лотоцький Р.Д., Вірник М.М., Рагозін О.А.</u> Вібропресова формувальна машина з гідроімпульсним приводом	94
<u>Гладкий П.М., Элаиди Д.И.</u> Применение гидропривода с объемным управлением в гидравлических экскаваторах	100
<u>Семиш Д.А.</u> Принцип построения систем управления потоками жидких сред на основе струйной макротехники	104
<u>Финкельштейн З.Л., Аль-хавальдех Абдалла Сулейман</u> Гидродинамическая чистка смазочных масел двигателей внутреннего сгорания	110
<u>Губарев А.П., Литвиненко Д.В.</u> Особенности дополнения систем управления элементами памяти в дискретной гидропневмоавтоматике	115
<u>Дружченко И.Г., Чернов А.В.</u> Имитационный эксперимент с устройствами пневмопривода	122
<u>Ноль А.В.</u> Экспериментальное определение коэффициентов сопротивления гидродинамических подшипников скольжения	129
<u>Загорулько А.В.</u> Экспериментальные исследования двойных торцовых сальниковых уплотнений	136
<u>Марченко В.Н., Смирнов А.В.</u> Течение газа в подвижном шероховатом сопряжении бессмазочного поршневого уплотнения	144
<u>Бобров А.Н., Калинин Н.В.</u> О решении обратной задачи газодинамики при проектировании лопаточных диффузоров центробежных компрессоров	152
<u>Арсеньев В.М., Гречаненко В.А.</u> Исследование процесса всасывания насыщенных паров рабочей жидкости с помощью жидкостнокольцевого вакуум-насоса.	156
<u>Гречаненко В.А.</u> Экспериментальная установка для исследования процесса сжатия насыщенного пара жидкостнокольцевым вакуум-насосом	163

<u>Бурмака В.Ю.</u> К вопросу определения внутреннего очертания жидкостного кольца в полости жидкостно-кольцевой компрессорной машины	168
<u>Бурмака В.Ю., Арсеньев В.М.</u> Дифференциальное уравнение гидродинамического принципа объемного сжатия газовых сред	174
<u>Арсеньев В.М.</u> Основы эксергетического анализа жидкостнокольцевых компрессорных машин	180
<u>Горовой С.А.</u> Центробежный насос с совмещенными опорно-уплотнительными узлами	185
<u>Смертяк С.Ю.</u> Рекуперация гидравлической энергии в технологических сетях ТЭЦ	192
<u>Бірюков О.І., Кочевський М.М.</u> Врахування впливу немодельних змін на характеристики ступеня відцентрового насоса	197
<u>Ржебаева Н.К., Седая В.В.</u> Баланс энергий на оптимальном режиме и расчет гидравлических потерь в проточной части насоса с полуоткрытыми и открытыми рабочими колесами	205
<u>Антоненко С.С., Макивский С.И., Федотова Н.А.</u> Рабочие колеса динамических насосов с нетрадиционным соотношением размеров межлопастных каналов на выходе	211
<u>Олада Н.М., Руденко А.А., Твердохлеб И.Б.</u> Особенности влияния геометрии задней пазухи центробежного плавающего рабочего колеса на характеристику насосной ступени	217
<u>Бурлака В.Б., Гусак А.Г., Евтушенко А.А.</u> Влияние момента скорости потока перед рабочим колесом на напорную и энергетическую характеристики осевого насоса	226
<u>Евтушенко А.А., Елин А.В., Твердохлеб И.Б.</u> Технико-экономические показатели насосной ступени с рабочим колесом шнекового типа	234
<u>Евтушенко А.А., Неця В.Г., Соляник В.А.</u> Теория турбулентных струй в приложении к рабочему процессу свободновихревых насосов типа «Туго»	241

<u>Евтушенко А.А., Сапожников С.В., Соляник В.А.</u> Коэффициент полезного действия свободновихревого насоса типа «Туго» при работе на чистой жидкости и газожидкостной среде	249
<u>Бухолдин Ю.С., Парафейник В.П., Ванеев С.М.</u> Исследование режимов работы компрессорных установок Анастасьевской КС при работе на нефтяном газе с различной молекулярной массой	256
<u>Ванеев С.М.</u> Расчет характеристик струйно-реактивной турбины	263
<u>Калашников А.Н.</u> Конструкции и рабочий процесс завихрителей для каплеуловителей магистральных компрессорных станций	270
<u>Ковалев И.А., Олада Н.М.</u> Увеличение осевого усилия, действующего на покрывающий диск рабочего колеса, – перспективный путь снижения результирующего осевого усилия в центробежном насосе	275
<u>Рудов Ю.М.</u> Экспериментальное исследование сверхзвуковых струй	288
<u>Саленко О.Ф.</u> Особливості формоутворення при гідроструменевій обробці	291
<u>Луговской А.Ф.</u> Физическая модель процесса ультразвукового распыления в тонком слое	299
<u>Турик В.Н., Макаренко Р.А.</u> Опыт термоанемометрирования турбулентных потоков в вихревой камере	309
<u>Финкельштейн З.Л., Ямковая М.А.</u> Методика расчета движения ферромагнитной частицы под действием гидродинамических и магнитных сил	315
<u>Коваленко В.Ф.</u> Анализ существующих методов исследования течения жидкостных пленок на поверхностях с различной степенью шероховатости	321
<u>Козачок А.А.</u> Принцип интегральных оценок эффективных параметров изотропных пористых сред	329
<u>Скурский Ю.С., Рудов Ю.М., Чечко В.А.</u> Применение метода взвешенного слоя для сушки пищевых продуктов	334

<u>Рябінін Д.Д., Мотін А.М., Білецька О.В.</u> Вибір профілю каналів рівного опору	337
<u>Яхно О.М., Таурит Т.Г., Яворский А.Е.</u> Характеристики потока в каналах дугообразной формы поперечного сечения	342
<u>Копилов С.В.</u> Визначення градієнту тиску неньютонових рідин у трубах	350
<u>Яхно О.М., Вакульчик А.В., Бысько Р.Н.</u> Особенности нестационарного течения жидкости в трубах и каналах с изменяющейся по длине массой или формой поперечного сечения	356
<u>Савченко Г.Ю.</u> Исследование сил, возникающих на пластине в брызговом потоке	362
<u>Яхно О.М., Кривошеев В.С., Кривошеев О.В.</u> Особенности гидравлического расчета течений в конических кольцевых каналах	369
<u>Рябінін Д.Д., Мотін А.М., Білецька О.В.</u> Підвищення ефективності роботи гідродинамічних дискових змішувачів	376
<u>Рожкова Л.Г.</u> Влияние размеров двухэлементных лопастей на мощностную характеристику вертикально-осевой ветроэнергетической установки	379
<u>Попова О.А., Коциенко И.Н.</u> Обтекание вращающегося прозрачного цилиндра в применении к роторам ортогональных ветроустановок	388
<u>Безвесильная О.М.</u> Компьютерная аэрогравиметрическая система	397
<u>Василенко Н.В., Бабенко А.Е., Боронко О.А., Грабовский А.П.</u> Демпфирование колебаний пластин внешним вязким трением	400
<u>Щодро А.Е., Шлихта В.М.</u> Экспериментальное и численное исследование структуры и размывающей способности потока у водовпусков в каналы	404
<u>Рокая К.Б.</u> Аппарат “Биобарабанный фильтр”	411
<u>Криль С.И., Берман В.П.</u> Основные принципы построения уравнений механики двухфазных гетерогенных сред	420

<u>Зинченко А.В., Кудинов П.И.</u> Математическое моделирование многофазных течений сжимаемой и несжимаемой жидкости	428
<u>Папков С.О.</u> Использование асимптотической оценки решения бесконечной системы линейных алгебраических уравнений в некоторых задачах гидродинамики	434
<u>Савенко В.Я., Славинская Е.С.</u> Модель расчета внутренних течений	436
<u>Савенко В.Я., Рутковская И.А.</u> Квазитрехмерная модель течения жидкости в узлах сопряжения потоков с учетом искривления линий тока	443
<u>Турик В.Н., Дунаева Т.А.</u> Уравнения вторичных вихревых течений второго рода	449
<u>Куп В.П.</u> Оцінка розділюючих властивостей відцентрових пілоуловлювачів з жалюзійним відводом повітря	454
<u>Приходько О.А., Сохацький А.В.</u> Експериментальне та математичне моделювання обтікання профілю крила на малих відстанях до землі	460
<u>Кочевський О.М.</u> Застосування узагальнених рівнянь Прандтля для розрахунку відривних внутрішніх закручених течій	465
<u>Королев С.К.</u> Математическая модель газодинамики струйно-реактивной турбины	473
<u>Пляцук Л.Д., Лазненко Д.А., Васькин Р.А.</u> Математическая модель взаимодействия фаз в роторных аппаратах центробежного типа	480
<u>Косторной С.Д., Давиденко А.К.</u> Математическое моделирование и расчет трехмерного невязкого течения жидкости в лопастных гидромашинах осевого типа с целью определения их силовых и моментных характеристик	487
<u>Лурье З.Я., Лищенко И.Г.</u> Математическая модель и оптимизация параметров узла поршень-цилиндр радиально-поршневого гидромотора многократного действия	495
<u>Кузнецов Э.Г., Чернов А.Е.</u> Система компьютерного моделирования и автоматизированного проектирования сальниковых уплотнений	501

<u>Беда И.Н.</u> Динамическая дискретизация многомасового ротора центробежной машины	509
<u>Баранова И.В., Гусак А.Г., Неня В.Г.</u> Влияние способа установки погружных насосов при эксплуатации на их внешние характеристики	513
<u>Яхненко С.М.</u> Конструктивные особенности пазух однолопастного рабочего колеса и их влияние на характеристику насоса	523
<u>Алексенко О.В., Баранова І.В., Неня В.Г.</u> Геометричні та гідродинамічні аспекти створення редактора розрахункових схем для моделювання течій в лопатевих гідромашинах	528
<u>Антыков Н.Н., Ремнев А.И., Макогон А.А.</u> Особенности процесса формирования соединения труба-решетка по диаграммам деформирования	534
<u>Ремнев А.И., Макогон А.А., Антыков Н.Н.</u> Определение оптимального соотношения геометрических размеров кольцевой канавки соединения труба-решетка	542
<u>Калюжный А.Б., Платков В.Я., Калюжный Б.Г.</u> Сепарация воды из дизельных топлив полимерным фильтрующим материалом ФЭП	549
<u>Родин Р.П., Новиков А.Н.</u> Влияние конструктивных параметров зуба отрезной цепной пилы на силы резания.	554
<u>Бесарабец Ю.И.</u> Геометрия подточенной передней поверхности сверла	560
<u>Гришанова І.А., Коробко І.В.</u> Визначення характеристикної залежності турбінних лічильників газу	568
<u>Коробко І.В., Гришанова І.А., Булавінцев А.В.</u> Розрахунок статичної характеристики багатоструменевого мокрохідного лічильника рідини	572