

В. Е. ДРАНКОВСЬКИЙ, І. І. ТИНЯНОВА, В. Г. ДЮЖЕВ, К. С. РЄЗВА

ІННОВАЦІЙНИЙ ПІДХІД ДО РОЗРОБКИ НОВИХ СХЕМ ГОРИЗОНТАЛЬНИХ ПРЯМОТОЧНИХ ГІДРОТУРБІН

Розглянуто проблеми впливу прискороного розвитку поновлюваних джерел енергії та скорочення виробництва електроенергії традиційними генеруючими потужностями на зміну тенденції розвитку в світовій енергетиці, що привело до різкої зміни пріоритетів національної енергетичної політики України з швидким зростанням потужностей поновлюваних джерел енергії, яка в 2035 р. повинна скласти 25 млрд. кВт·г, проти 2,8 млрд. кВт·г в 2018 р. Показано, що такі тенденції потребують зростання балансуєчих високоманеврових потужностей в гідроенергетиці для регулювання графіків навантажень і забезпечення стійкості і надійної роботи об'єднаних енергосистем. За таких тенденцій в Україні відбувається перехід до нової інноваційної моделі функціонування електроенергетики в умовах поетапного створення повноцінного енергоринку і планованої інтеграції енергосистеми України з європейською енергосистемою (ENNSO-E). Стверджується, що у сучасних умовах роботи енергосистем гострою стає проблема покриття пікових навантажень, що викликає необхідність приділяти більше уваги роботі маневреного гідроенергетичного обладнання з метою оптимізації розподілення навантажень на споживачів. Пропонується ці проблеми вирішувати комплексно, як шляхом розробки нових лопатевих систем і проточних частин гідротурбін традиційного типу, так і вдосконаленням робочого процесу за рахунок інноваційних конструктивних рішень компоновання гідроенергетичного обладнання для нових гідроенергетичних об'єктів. На кафедрі «Гідралічні машини ім. Г. Ф. Проскури» на протязі десяти років професором Потетенко О. В. був заснований напрямок просування швидкохідних лопатевих гідротурбін на високі напори при розробці нових конструкційних схем в гідроенергетиці, що підтверджується отриманням десятків патентів на винаходи та корисні моделі. Стверджується, що подальший розвиток інноваційних схем горизонтальних капсульних гідроагрегатів пов'язаний з особливостями робочого процесу і направлений на досягнення високих середньоексплуатаційних ККД при одночасному розширенні зони експлуатації та надійності запропонованих конструкційних схем.

Ключові слова: гідроенергетика, маневрові потужності, генерація енергосистеми України, графік навантажень енергосистеми, інноваційні схеми гідротурбін, здвоєний капсульний гідроагрегат, середньоексплуатаційний ККД.

V. DRANKOVSKIY, I. TYNANOVA, V. DYUZHEV, K. REZVAYA

AN INNOVATIVE APPROACH TO THE DEVELOPMENT OF NEW SCHEMES OF HORIZONTAL DIRECT-FLOW HYDRAULIC TURBINES

The impact of the rapid development of renewable energy sources and the reduction of electricity production by traditional generating capacities on the change in the development trend in world energy is analyzed. This led to a sharp change in the priorities of the national energy policy of Ukraine with an increase in the capacities of renewable energy sources, which in 2035 should be 25 billion kWh of generating capacity against 2.8 billion kWh in 2018. It is shown that such trends require the growth of balancing highly maneuverable capacities in hydropower to regulate load schedules and ensure stability and reliable operation of combined power systems. Under such trends, Ukraine is transitioning to a new innovative model of the operation of the electric power industry in the conditions of the gradual creation of a full-fledged energy market and the planned integration of the energy system of Ukraine with the European energy system (ENNSO-E). It is claimed that the problem of covering peak loads becomes acute in the modern conditions of power system operation. This makes it necessary to pay more attention to the operation of maneuverable hydropower equipment in order to optimize the distribution of loads to consumers. It is proposed to solve these problems comprehensively, both by developing new blade systems and water passages of traditional type hydroturbines, and by improving the working process due to innovative constructive solutions for the layout of hydropower equipment for new hydropower facilities. Potetenko O. V. (Professor of the Department of Hydraulic Machines named after G. F. Proskura, NTU "KhPI") founded a scientific direction in which for 10 years the tasks of introducing high-speed bladed hydraulic turbines at high heads in the development of new design schemes in hydropower were developed and researched. Dozens of patents for inventions and utility models are the results of this. Further development of innovative schemes of horizontal capsule hydraulic units, which is related to the features of the working process, is aimed to achieve high average operating efficiency while simultaneously expanding operation and reliability areas of the proposed design schemes.

Keywords: hydropower, shunting capacity, power system generation of Ukraine, power system load schedule, innovative hydraulic turbine scheme, double capsule hydraulic unit, average operating efficiency.

Вступ. В нинішньому столітті різко змінилися тенденції розвитку електроенергетики на основі принципів енергоефективності, енергобезпеки і низьковуглецевої енергетики з переходом на прискорений розвиток поновлюваних джерел енергії (ПДЕ) і різким скороченням виробництва електроенергії на вугіллі.

З врахуванням цих чинників Відповідно до «Енергетичної стратегії України на період до 2035 р.» визначаються пріоритети національної енергетичної політики України з швидким зростанням потужностей ПДЕ. Так, в 2018 р. в Україні потужність ПДЕ (ВЕС, СЕС, без великих ГЕС) склала 2 млн. кВт виробленням 2,8 млрд. кВт·ч (близько 2 % загального вироблення), з подальшим зростанням потужностей ПДЕ, в першу чергу, за рахунок СЕС і ВЕС з

досягненням вироблення ПДЕ (без великих ГЕС) в 2025 р. – 12 млрд. кВт·ч (6,7 % від загального вироблення), в 2035 р. – 25 млрд. кВт·ч (12,8 %) [1–5].

При цьому різко зростає роль балансуєчих високоманеврових потужностей, в першу чергу ГЕС-ГАЕС, в регулюванні графіків навантажень і забезпеченні стійкості і надійної роботи об'єднаних енергосистем (ОЕС), що вимагає зміни їх конфігурації. При цьому в Україні відбувається перехід до нової інноваційної моделі функціонування електроенергетики в умовах поетапного створення повноцінного енергоринку і планованої інтеграції ОЕС України з європейською енергосистемою (ENNSO-E) [3].

У довгостроковій перспективі розвитку ОЕС України в умовах інтеграції з ENTSO-E стрімким

© В. Е. Дранковський, І. І. Тинянова, В. Г. Дюжев, К. С. Рєзва, 2022

нарощуванням потужностей ПДЕ для її надійної і ефективної роботи із забезпеченням балансової стабільності в умовах негарантованої відпустки електроенергії ВЕС і СЕС знадобиться введення нових високоманеврових потужностей, в першу чергу ГЕС-ГАЕС, як найбільш ефективного регулювальника таких систем промислових електроакумуляторів.

Як впливає з Енергетичної програми України, модернізація та побудова гідроелектростанцій є пріоритетним напрямком розвитку гідроенергетики України. Перспектива збільшення вдвічі потужностей на ГЕС-ГАЕС до 12 млн. кВт до 2035 р. потребує вирішення ряду питань дослідження та модернізації проточних частин гідравлічних турбін на існуючих ГЕС. У сучасних умовах роботи енергосистем гострою є проблема покриття пікових навантажень, що викликає необхідність приділяти більше уваги роботі маневреного гідроенергетичного обладнання з метою оптимізації розподілення навантажень на споживачів.

Використання гідроелектростанцій в енергосистемах дозволяє максимально синхронізувати графік видачі електроенергії і графік вжитку. Конструктивні особливості гідротурбінного устаткування ГЕС і ГАЕС дозволяють енергосистемі оптимізувати коливання графіка навантаження з найбільш економічними показниками [6].

Дані, наведені в табл. 1 доказують переважну участь гідроенергетики в балансуванні потужності і частоти струму в енергосистемі [4].

Таблиця 1 – Участь різних основних типів генерації в покритті графіка навантажень енергосистеми України за підсумками 2018 р.

Встановлена потужність, МВт	1000	Балансировка	Виробітка
Атомна генерація	62,9 %	0 %	55,16 %
Теплова генерація	33,9 %	51,7 %	23,86 %
Гідрогенерація	3,2 %	48,3 %	20,98 %

Основна частина. При розробці перспективного гідротурбінного устаткування, разом з вимогами підвищення експлуатаційної надійності та отримання необхідної потужності, пред'являються також вимоги наступного характеру:

- розширення зони експлуатації по потужностям і напорам;
- підвищення середньоексплуатаційного ККД гідроагрегату, надійності роботи на режимах відмінних від оптимального;
- можливість форсування потужності гідроагрегату;
- зниження масово-габаритних параметрів гідроагрегатів за рахунок оптимізування гідроенергетичних схем використання гідротурбінного обладнання та вдосконалення робочого процесу лопатевих гідротурбін.

Вирішення цих питань за рахунок просування радіально-осьових і осьових гідротурбін на вищі напори пов'язано з підвищенням гідравлічних втрат енергії і не зможе задовольнити вищезгаданим

вимогам, що робить нераціональним використання традиційно вживаних конструктивних рішень [7, 8].

Ці питання вирішуються комплексно, як шляхом розробки нових лопатевих систем і проточних частин гідротурбін традиційного типу, так і вдосконаленням робочого процесу за рахунок нових конструктивних рішень компонування гідроенергетичного обладнання для нових гідроенергетичних об'єктів.

Таким чином, метою дослідження є вирішення проблеми підвищення ефективності при експлуатації гідроенергетичного обладнання на пікових навантаженнях та забезпеченні його надійності в широкому діапазоні роботи.

На кафедрі «Гідравлічні машини ім. Г. Ф. Проскури» питаннями просування гідроенергетичного обладнання на високі напори при розробці нових конструкційних схем на протязі десяти років займаються аспіранти та співробітники на чолі з професором Потетенко О. В.

Одним з напрямків розробки перспективних схем гідроенергетичного обладнання є застосування прямооточних горизонтальних капсульних агрегатів на високі напори. Відомо, що капсульні гідроагрегати застосовуються на напори до 30 м. Це пов'язано з тим, що за рахунок спрощення проточної частини, із-за відсутності спірального підводу, потік, що натікає на робоче колесо з необхідною циркуляцією, для оптимальної роботи лопатеві системи гідротурбіни, створюється колонами статора і лопатками направляючого апарату, що достатньо для напорів 2–30 м.

Переваги горизонтальних прямооточних капсульних гідроагрегатів відносно масово-геометричних характеристик гідроенергетичного обладнання та діапазону експлуатації безумовні. По-перше, вони мають на 20–25 % вищу потужність в порівнянні з аналогічними гідротурбінами з вертикальною віссю, завдяки збільшенню витрати через спрощену проточну частину; по-друге, вони мають ширший діапазон по витратах $Q_1 > 40\%$ з високими енергокавітаційними показниками; по-третє, вищий середньоексплуатаційний ККД завдяки комбінаторній залежності напрямного апарату та лопатеві системи робочого колеса; по-четверте, завдяки спрощенню відвідної проточної частини, низьким рівнем нестаціонарності потоку в ній, забезпечуючи при цьому надійну роботу гідроагрегату в широкому діапазоні експлуатації [9].

Проблема просування швидкохідних робочих коліс горизонтальних турбін на високі напори вирішується застосуванням прямооточних гідроагрегатів при капсульній компоновці або в бетонних бичках (колонах) запропонованою схемою розташування гідроенергетичного обладнання в винаході [10].

Поставлене завдання досягається тим, що у водоводі встановлюється здвоєний прямооточний гідроагрегат, з робочими колесами осьової гідротурбіни поворотно-лопатевого типу, який складається з двох турбін-генераторів, розташованих в одному водоводі послідовно один на зустріч другому,

які об'єднані трьох-компонентною системою регулювання з комбінаторною залежністю між відкриттям загального для двох турбін-генераторів направляючого апарату і кутами розвороту лопатей двох робочих коліс (рис. 1).

Здвоєний горизонтальний гідроагрегат, який був запропонований в результаті глибокого аналізу робочого процесу прямооточного капсульного гідроагрегату за допомогою сучасних пакетів чисельного дослідження просторової течії обтікання твердотільних моделей проточної частини, дозволив запропонувати науково-обґрунтовані пропозиції для проектування проточних частин і лопатевих систем з оптимальними енергокавітаційними показниками [11], що вирішило проблему просування на високі напори горизонтальних турбін і дозволяє застосовувати прямооточні гідроагрегати на напори до 200 м і більш при капсульній компоновці гідроагрегату або в бетонних бичках.

При використанні здвоєного капсульного гідроагрегату на напори $H > 80$ м розподіл напорів на робочі колеса потребує збільшення напору на перше колесо, що вимагає від трьох-компонентної системи регулювання при недостатній циркуляції перед першим робочим колесом, із-за відсутності спіральної камери, перед другим робочим колесом для стабільної роботи обох робочих коліс створення циркуляції з напрямком протилежним, що створює напрямний апарат. Зміна знаку циркуляції при робочому процесі в першому робочому колесі призводить до зміни обертання другого робочого колеса відносно напрямку обертання першого.

Оптимальне перетворення енергії потоку в поворотно-лопатевому робочому колесі відбувається за певних умов, пов'язаних з необхідною циркуляцією, що створює напрямний апарат перед лопатеву системою робочого колеса та комбінаторною залежністю системи регулювання, що дозволяє розвернути лопаті робочого колеса на кути, що забезпечують максимальне ККД турбіни при нульовій циркуляції за робочим колесом, що мінімізує циркуляційні втрати в відповідній частині.

Така компоновка здвоєного гідроагрегату при розподіленні потужностей між гідроагрегатами, що вони несуть на покриття нагрівки між споживачами, робота другого гідроагрегату не завжди буде оптимальною, так як тільки за рахунок розвороту лопатей не завжди можна забезпечити безциркуляційний потік в відповідній частині другого гідроагрегату, що приводить до виникнення потужних спіралеподібних вихрових структур з великими циркуляційними втратами.

Нові розробки кафедри «Гідравлічні машини ім. Г. Ф. Проскури» НТУ «ХПІ» [12] дозволяють усунути ці недоліки. Одною з цих розробок є горизонтальний двомашинний агрегат з робочими колесами поворотно-лопатеву гідротурбіни, який складається з двох турбін-генераторів, розташованих в одному водоводі послідовно один за одним, об'єднаних єдиною системою регулювання з чотирьох-компонентною комбінаторною залежністю між відкриттям спільного для двох турбін-генераторів напрямного апарату і проміжного апарату з кутами розвороту лопатей двох робочих коліс (рис. 2).

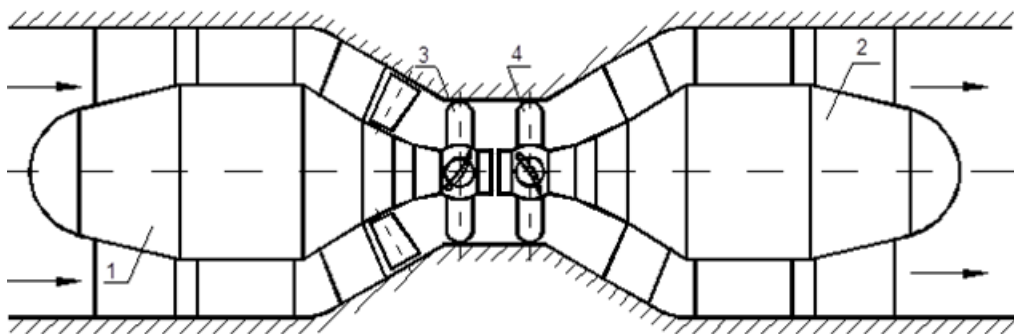


Рис. 1. Здвоєний капсульний прямооточний гідроагрегат

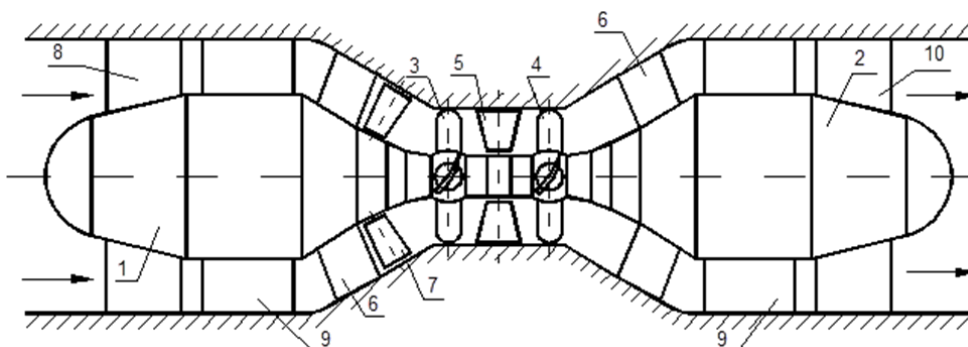


Рис. 2. Здвоєний капсульний прямооточний гідроагрегат з проміжним направляючим апаратом

Додавання в схему горизонтального двомашинного гідроагрегату проміжного напрямного апарату дозволяє в широкому діапазоні роботи гідроагрегату створити оптимальну циркуляцію перед другим робочим колесом, що сприяє збільшенню середньоексплуатаційного ККД до 94 %.

Спрацювання оптимальної циркуляції другим робочим колесом за комбінаторною залежністю чотирьох-компонентної схеми керування (напрямний апарат 7 – робоче колесо 3 – проміжний напрямний апарат 5 – робоче колесо 4) дозволяє на виході з другого робочого колеса отримати нульову циркуляцію, тобто осьовий потік у водовідних елементах, зменшуючи при цьому в них циркуляційні втрати.

Забезпечення комбінаторною залежністю чотирьох-компонентної схеми керування осьового потоку після робочих коліс в широкому діапазоні роботи гідроагрегату зменшує пульсаційні характеристики потоку у водовідних елементах, покращує вібраційні показники основних елементів конструкції, підвищуючи при цьому надійність гідроагрегату.

Запропонований горизонтальний двомашинний гідроагрегат працює наступним чином. Потік води з верхнього б'єфу через підвідну камеру обтікає в осьовому напрямку капсулу гідроагрегату 1 із силовими елементами, що фіксують капсулу в проточній частині разом із статорними колонами 6. Далі потік надходить до лопатевої системи напрямного апарату 7, що виконує функцію запірного органу та регулювання потужності гідроагрегату 1, створюючи при цьому необхідну циркуляцію води перед лопатевою системою поворотно-лопатевого осьового робочого колеса 3 гідроагрегату 1. Лопатева система поворотно-лопатевого осьового робочого колеса 3 за комбінаторною залежністю виставляється на кут в залежності від відкриття напрямного апарату 7 гідроагрегату 1, що дозволяє за робочим колесом 3 створювати нульову циркуляцію потоку, підвищуючи середньоексплуатаційний ККД в межах зміни розрахункової потужності в інтервалі. Потік з нульовою циркуляцією (осьовий потік) після робочого колеса 3 потрапляє в канали проміжного напрямного апарату 5, де створюється необхідна циркуляція перед лопатевою системою поворотно-лопатевого робочого колеса 4 гідроагрегату 2, що повертається на кут в залежності від відкриття лопаток напрямного апарату 7 і проміжного напрямного апарату 5, при цьому потік після лопатевої системи другого робочого колеса 4 виходить з нульовою циркуляцією, забезпечуючи мінімальні втрати у водовідних каналах гідроагрегату 2, що дозволяє підвищити середньоексплуатаційний ККД в порівнянні з прототипом [10].

Висновки. У роботі представлені перспективні напрями в гідроенергетиці просування швидкохідних проточних частин горизонтальних гідротурбін на високі напори, що дозволяють істотно розширити зону експлуатації гідроагрегату по напорах і потужностях,

зменшити масовогабаритні показники при однакових потужностях, підвищити надійність роботи устаткування на пікових навантаженнях, підвищити середньоексплуатаційне ККД. Показано, що перспективний напрям вдосконалення схеми горизонтальних капсульних гідротурбін дозволяє їх ефективно експлуатацію при напорах до 200 м.

Список літератури

1. *Енергетична стратегія України на період до 2035 року*. URL: http://mpe.kmu.gov.ua/minugol/control/uk/publish/article?art_id=245239564&cat_id=245239555 (дата звернення: 05.12.2022).
2. Ландау Ю. О., Калініна Л. Г. Перспективи гідроенергетики України. *Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я. Тези доповідей XXVIII міжнародної науково-практичної конференції. Ч. 1 (28–30 жовтня 2020 р., Харків)*. Харків: НТУ «ХПІ», 2020. С. 131.
3. Ландау Ю. О. Перспективы развития гидроаккумулирования в Украине. *Удосконалювання енергоустановок методами математичного і фізичного моделювання. Тези доповідей XVII міжнародної науково-технічної конференції. Секція 2 (7–11 жовтня 2019 р., Харків)*. Харків: Інститут проблем машинобудування ім. А. М. Підгорного НАН України, 2019. С. 24–25.
4. Калініна Л. Г. Перспективные объекты гидроэнергетики Украины, требующие разработки новых проточных частей гидротурбин. *Удосконалювання енергоустановок методами математичного і фізичного моделювання. Тези доповідей XVII міжнародної науково-технічної конференції. Секція 2 (7–11 жовтня 2019 р., Харків)*. Харків: Інститут проблем машинобудування ім. А. М. Підгорного НАН України, 2019. С. 26–27.
5. Ландау Ю. А. Основные тенденции развития гидроэнергетики Украины. *Научные работы*. Харьков. 2014. Т. 53, вып. 40. С. 82–86.
6. Кучерява І. М., Сорокіна Н. Л. Шляхи регулювання графіків навантаження та управління споживанням електричної енергії. *Гідроенергетика України*. 2007. № 4. С. 36–44.
7. Потетенко О. В., Дранковський В. Е., Ковальов С. М., Крупа Є. С., Вахрушева О. С., Шевченко Н. Г. Тенденції просування горизонтальних прямооточних і вертикальних радіально-осьових гідротурбін на високі напори з широким діапазоном експлуатації. *Вісник Сумського державного університету. Сер.: Технічні науки*. Суми: СумДУ. 2010. № 3. С. 125–135.
8. Потетенко О. В., Крупа Є. С., Резва К. С. Особливості робочого процесу нових типів горизонтальних прямооточних і вертикальних радіально-осьових гідротурбін на високі напори. *Вісник Національного університету водного господарства та природокористування. Сер.: Технічні науки*. Рівне, 2015. Ч. 1. Т. 3, № 71. С. 105–109.
9. Сокол Є., Черкашенко М., Потетенко О., Дранковський В., Гасюк О., Гриб О. *Гідроенергетика. Том 2. Гідрравлічні машини*. Харків: Промарт, 2020. 534 с.
10. Потетенко О. В., Ковальов С. М. Пат. 76872, Україна. *Звоєний прямотечийний гідроагрегат*. 2006.
11. Крупа Є. С. *Підвищення енергетичних показників гідроагрегатів шляхом вдосконалення робочого процесу нових типів гідротурбін: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: спец. 05.05.17 «Гідрравлічні машини та гідропневмоагрегати»*. Харків, 2012. 21 с.
12. Дранковський В. Е., Дюжев В. Г., Кухтенков Ю. М., Миронов К. А., Тиньянова І. І., Резва К. С., Шевченко Н. Г. Пат. 152165, Україна. *Горизонтальний двомашинний гідроагрегат*. 2022.

References (transliterated)

1. *Enerhetychna stratehiya Ukrainy na period do 2035 roku* [Energy strategy of Ukraine for the period up to 2035]. Available at: http://mpe.kmu.gov.ua/minugol/control/uk/publish/article?art_id=245239564&cat_id=245239555 (accessed 05.12.2022).
2. Landau Yu. O., Kalinina L. H. Perspektivyvy hidroenerhetyky Ukrainy [Prospects of hydropower in Ukraine]. *Informatsiyi*

- tekhnohiiyi: nauka, tekhnika, tekhnolohiya, osvita, zdorov'ya. Tezy dopovidey XXVIII mizhnarodnoyi naukovo-praktychnoyi konferentsiyi. Ch. 1 (28–30 zhovtnya 2020 r., Kharkiv) [Information technology: science, engineering, technology, education, health. Abstracts of the XXVIII Int. Sci.-Pract. Conf. Part 1 (28–30 October 2020, Kharkiv)]. Kharkiv, NTU "KhPI" Publ., 2020, p. 131.
3. Landau Yu. O. Perspektivy rozvitiya gidroakumulirovaniya v Ukraini [Prospects for hydro-storage development in Ukraine]. *Udoskonaluyannya enerhousanovok metodamy matematychnoho i fizychnoho modelyuvannya. Tezy dopovidey XVII mizhnarodnoyi naukovo-tekhnichnoyi konferentsiyi. Sektsiya 2 (7–11 zhovtnya 2019 r., Kharkiv)* [Improvement of power installations by using mathematical and physical modelling methods. Abstracts of the XVII Int. Sci. and Techn. Conf. Section 2 (7–11 October 2019, Kharkiv)]. Kharkiv, Instytut problem mashynobuduvannya im. A. M. Pidhornoho NAN Ukrainy Publ., 2019, pp. 24–25.
 4. Kalinina L. G. Perspektivnye ob"ekty gidroenergetiki Ukrainy, trebushchie razrobotki novykh prototipnykh chastey gidroturbin [Prospective hydropower facilities in Ukraine requiring development of new hydraulic turbine flow units]. *Udoskonaluyannya enerhousanovok metodamy matematychnoho i fizychnoho modelyuvannya. Tezy dopovidey XVII mizhnarodnoyi naukovo-tekhnichnoyi konferentsiyi. Sektsiya 2 (7–11 zhovtnya 2019 r., Kharkiv)* [Improvement of power installations by using mathematical and physical modelling methods. Abstracts of the XVII Int. Sci. and Techn. Conf. Section 2 (7–11 October 2019, Kharkiv)]. Kharkiv, Instytut problem mashynobuduvannya im. A. M. Pidhornoho NAN Ukrainy Publ., 2019, pp. 26–27.
 5. Landau Yu. A. Osnovnye tendentsii rozvitiya gidroenergetiki Ukrainy [The main trends in the development of hydropower in Ukraine]. *Nauchnye raboty*. Kharkov. 2014, vol. 53, issue 40, pp. 82–86.
 6. Kucheryava I. M., Sorokina N. L. Shlyakhy rehulyuvannya hrifikiv navantazheniya ta upravlinnya spozhyvanniam elektrychnoyi enerhiyi [Ways of adjusting load schedules and controlling the consumption of electric energy]. *Hidroenerhetyka Ukrainy*. 2007, no. 4, pp. 36–44.
 7. Potetenko O. V., Drankovskyy V. E., Koval'ov S. M., Krupa Ye. S., Vakhrusheva O. S., Shevchenko N. H. Tendentsiyi prosvannya horizontal'nykh pryamotochnykh i vertykal'nykh radial'no-os'ovykh hidroturbin na vysoki napory z shyrokym diapazonom ekspluatatsiyi [Trends in the promotion of horizontal direct-flow and vertical radial-axial hydraulic turbines for high heads with a wide range of operation]. *Visnyk Sums'koho derzhavnoho universytetu. Seriya: Tekhnichni nauky* [Sumy State University Bulletin. Series: Technical sciences]. Sumy, SumDU Publ., 2010, no. 3, pp. 125–135.
 8. Potetenko O. V., Krupa Ye. S., Ryezva K. S. Osoblyvosti robochoho protsesu novykh typiv horizontal'nykh pryamotochnykh i vertykal'nykh radial'no-os'ovykh hidroturbin na vysoki napory [Features of the working process of new types of horizontal direct-flow and vertical radial-axial hydraulic turbines for high heads]. *Visnyk Natsional'noho universytetu vodnoho hospodarstva ta pryrodokorystuvannya. Seriya: Tekhnichni nauky* [Bulletin National University of Water and Environmental Engineering. Series: Technical sciences]. Rivne, 2015, part 1, vol. 3, no. 71, pp. 105–109.
 9. Sokol Ye., Cherkashenko M., Potetenko O., Drankovskyy V., Hasyuk O., Hryb O. *Hidroenerhetyka. Tom 2. Hidravlichni mashyny* [Hydropower engineering. Vol. 2. Hydraulic machines]. Kharkiv, Promart Publ., 2020. 534 p.
 10. Potetenko O. V., Koval'ov S. M. *Zdvoyny pryamotechnyy hidroahrehat* [Twin bulb hydro unit]. Patent UA, no. 76872, 2006.
 11. Krupa Ye. S. *Pidvyshchennya enerhetychnykh pokaznykiv hidroahrehativ shlyakhom vdoskonalennya robochoho protsesu novykh typiv hidroturbin: avtoref. dys. na zdobuttya nauk. stupenya kand. tekhn. nauk: spets. 05.05.17 "Hidravlichni mashyny ta hidropnevmoahrehaty"* [Improving energy performance of hydraulic units by improving the workflow of new types of hydraulic turbines. Abstract of a thesis candidate eng. sci. diss. (Ph. D.) 05.05.17 "Hydraulic machines and hydraulic pneumatic units"]. Kharkiv, 2012. 21 p.
 12. Drankovskyy V. E., Dyuzhev V. H., Kukhtenkov Yu. M., Myronov K. A., Tyn'yanova I. I., Ryezva K. S., Shevchenko N. H. *Horizontal'nyy dvomashynny hidroahrehat* [Horizontal double-bar hydraulic unit]. Patent UA, no. 152165, 2022.

Надійшло (received) 12.12.2022

Відомості про авторів / About the Authors

Дранковський Віктор Едуардович (Drankovskiy Viktor) – кандидат технічних наук, професор, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», професор кафедри «Гідравлічні машини ім. Г. Ф. Проскури»; м. Харків, Україна; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9011-2094>; e-mail: drankovskiy50@ukr.net

Тиньянова Ірина Іванівна (Tynyanova Irina) – кандидат технічних наук, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», доцент кафедри «Гідравлічні машини ім. Г. Ф. Проскури»; м. Харків, Україна; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1185-3458>; e-mail: t.irinai@ukr.net

Дюжев Віктор Геннадійович (Dyuzhev Viktor) – доктор економічних наук, професор, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», професор кафедри «Економіка бізнесу і міжнародні економічні відносини»; м. Харків, Україна; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9929-2431>; e-mail: ekosistema999@gmail.com

Резва Ксенія Сергіївна (Rezva Kseniya) – кандидат технічних наук, доцент, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», доцент кафедри «Гідравлічні машини ім. Г. Ф. Проскури»; м. Харків, Україна; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2457-0097>; e-mail: rezvayaks@gmail.com