

УДК 621.311.21

DOI: 10.24160/1993-6982-2022-4-25-31

Инновационные решения при использовании ресурсов в малой гидроэнергетике

Я.И. Бляшко

Рассмотрена возможность использования гидроэнергетических ресурсов водотоков промышленных предприятий в отличие от традиционного подхода к выбору водотоков для создания малых гидроэлектростанций (ГЭС). В результате обследования водотоков предприятий разных отраслей промышленности подтверждена техническая возможность и экономическая целесообразность их применения для производства электрической энергии. Разработаны и в настоящее время находятся в различной степени реализации инновационные технологические и проектные решения, обеспечивающие возможность строительства малых ГЭС с использованием водосбросов энергетических предприятий. Основное технологическое оборудование для производства электроэнергии с использованием водотоков промышленных предприятий и реализации предложенных проектных решений разработано и изготавливается в России.

Ключевые слова: малая гидроэнергетика, гидроэнергетические ресурсы, промышленные водотоки, технологическое оборудование.

Для цитирования: Бляшко Я.И. Инновационные решения при использовании ресурсов в малой гидроэнергетике // Вестник МЭИ. 2022. № 4. С. 25—31. DOI: 10.24160/1993-6982-2022-4-25-31.

Innovative Solutions in Using Small Hydro Resources

Ya.I. Blyashko

The possibility of using the hydropower resources of industrial enterprise watercourses in contrast to conventional approaches to selecting watercourses for setting up small hydroelectric power plants (HPP) is considered. The watercourses used at enterprises of various industry branches were examined, and the obtained results have confirmed the technical and economic feasibility of using them for electricity generation purposes. Innovative technical and design solutions opening the possibility to construct small HPPs operating on the water streams discharged from power enterprises have been developed and are at various implementation stages. The main process equipment for electricity generation by using the industrial enterprise watercourses and for implementing the proposed design solutions has been developed and is manufactured in Russia.

Key words: small hydropower, hydropower resources, industrial enterprise watercourses, process equipment.

For citation: Blyashko Ya.I. Innovative Solutions in Using Small Hydro Resources. Bulletin of MPEI. 2022;4:25—31. (in Russian). DOI: 10.24160/1993-6982-2022-4-25-31.

Введение

Традиционно источниками малой гидроэнергетики считают небольшие реки и ручьи, а также сбросы водохранилищ [1, 2]. В то же время значительными ресурсами обладают промышленные водотоки. Исходя из анализа целого ряда предприятий, в работе которых участвуют водные потоки, разработана схема использования гидроэнергетического потенциала водотоков различного происхождения, в которую вошел целый ряд промышленных водотоков [3].

В результате обследования промышленных водотоков нескольких предприятий удалось подтвердить их техническую возможность и экономическую целесообразность для производства электрической энергии.

Приведены результаты обследований данных водотоков и вынесенных предложений по их использованию для выработки электрической энергии, а также некоторые технические решения по применению водо-

токов, расположенных в регионах с критическими природно-климатическими условиями.

В качестве примера использована возможность применения гидроэнергетического потенциала сбросов тепловой электростанции.

Для оценки величины гидроэнергетического потенциала отводящего канала выполнены предварительные водно-энергетические расчеты. При среднемесячных расходах, сбрасываемых по отводящему каналу и составляющих около 60 м³/с, перепаде высот по длине канала между его начальным и окончательным участками — 3,25 м, мощность МГЭС может составить до 1500 кВт, а среднегодовая выработка электроэнергии (11300...11400) тыс. кВт·ч.

По результатам обследования отводящего канала выбраны две площадки для предварительной оценки возможности строительства малой ГЭС.

По первому варианту площадка станционного узла (рис. 1) непосредственно примыкает к левому борту

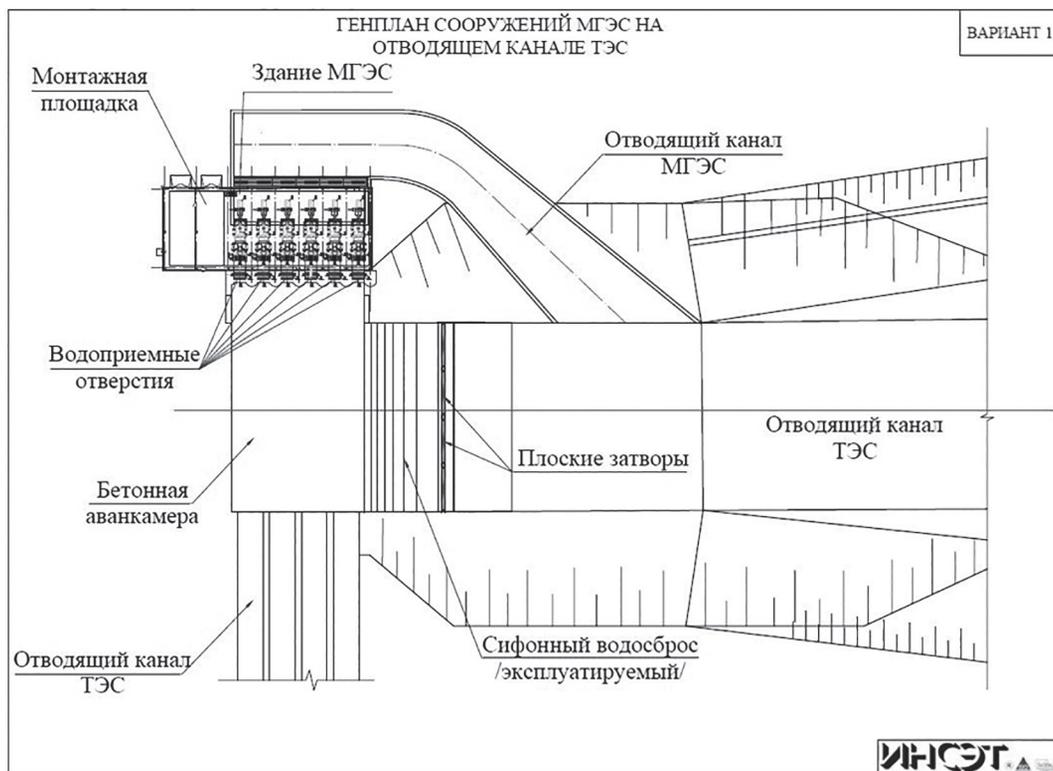


Рис. 1. Площадка станционного узла (вариант 1)

эксплуатируемого сифонного водосброса отводящего канала. Для подвода воды к гидроагрегатам перпендикулярно сифонным устройствам предусмотрено сооружение водоприемника из монолитного железобетона, а в здании МГЭС — шести гидроагрегатов с горизонтальной осью, используемых, как правило, при низких напорах.

В конце сифонного водосброса монтируют плоские затворы для поддержания статического напора в аванкамере.

По второму варианту площадку станционного узла (рис. 2) располагают в конце отводящего канала на расстоянии около 700 м от сифонного водосброса.

В русле отводящего канала сооружают бетонную водосливную плотину с широким порогом высотой около 1,0 м для создания подпора. На водосливной плотине устанавливают шесть плоских поверхностных затворов. Здание МГЭС также стоит на левом борту отводящего канала и выполнено аналогично зданию из первого варианта.

При аварийном случае гидроагрегаты пропускают через себя расчетный максимальный расход. В этот период параллельно автоматически открываются плоские затворы сифонного водосброса, через который идет аварийный сброс воды в нижний бьеф.

Во втором варианте аварийный сброс расхода воды также выполняется через гидроагрегаты, а функцию основного сброса автоматически берут на себя плоские затворы, установленные на водосливе с широким порогом.

Предпроектные (прогнозные) водно-энергетические и технико-экономические показатели МГЭС

Статический напор (предпроектный), м.....	3,25*
Расчетный напор, м.....	3,0*
Расход (расчетный), м ³ /с.....	60
Количество водоприемных отверстий в напорной камере, шт....	6
Количество гидроагрегатов, шт.	6
Тип гидроагрегатов.....	ГА14М
Расчётная мощность, кВт.....	1427
Установленная мощность, кВт.....	1800
Капитальные вложения (предварительно), млн руб.	292,90

*Примечание: данные напоров будут уточнены после проведения геодезических изысканий.

Еще один пример использования промышленных водотоков — дренажные воды, образующиеся при строительстве протяженных туннелей. При эксплуатации Северомуйского туннеля Байкало-Амурской магистрали для снижения давления горных масс и постоянного воздействия термальных ($t = 40...50\text{ }^{\circ}\text{C}$) и грунтовых вод до расчетной величины, ограниченной 1,5 атм., устроена дренажная система отвода, сбора и сброса грунтовых и термальных вод.

Отвод указанных вод из окружающей основной туннель горной массы осуществляется системой дренажных отверстий, выполненных в боковых стенах туннеля. Затем вода уходит в продольные лотки, расположенные по обеим сторонам вдоль стен туннеля, стекает либо в сторону восточного, либо в сторону западного порталов в зависимости от угла наклона тун-

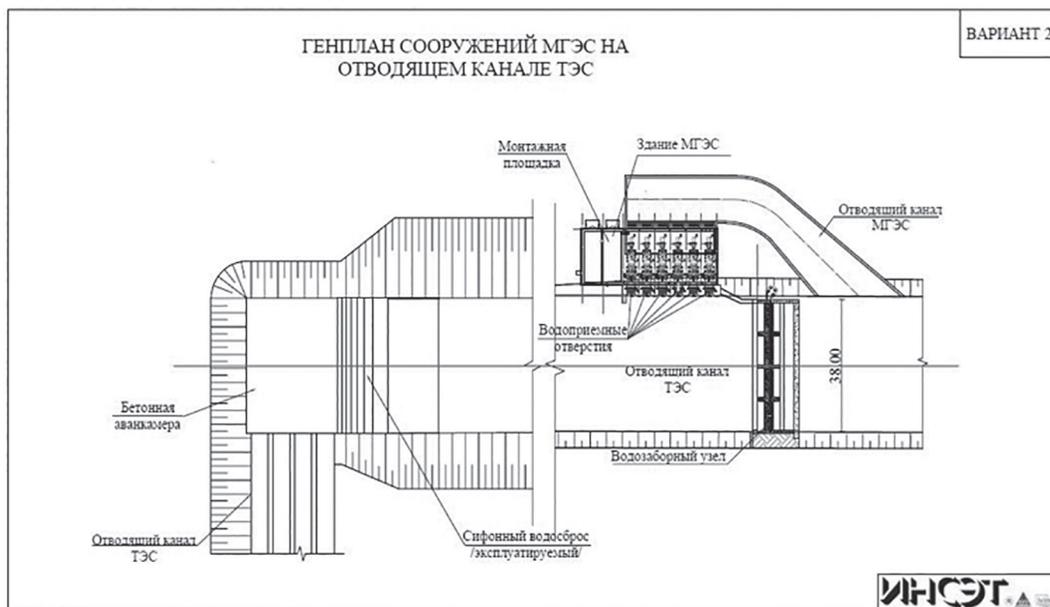


Рис. 2. Площадка станционного узла (вариант 2)

неля и далее, по продольным лоткам технического туннеля, отводится непосредственно к сбросным трубам восточного (рис. 3) и западного порталов.

В результате анализа и обобщения итогов рекогносцировочного визуально-инструментального обследования туннеля и близлежащей местности выявлена возможность использования сбросов восточного и западного порталов путем создания экономически целесообразных напоров на восточном портале величиной около 21 и 5...6 м, а на западном — около 5...6 м.

Ситуационные планы размещения объектов МГЭС восточного и западного порталов приведены на рис. 4, 5.

Обе схемы предполагают эксплуатацию дренажных сбросов восточного и западного порталов путем строительства МГЭС по деривационной схеме. Для дренажных сбросов галереи восточного портала с левой стороны портала сооружают водоприемную напорную камеру. Из водоприемной напорной камеры берет начало напорный

трубопровод диаметром 1200 мм, длиной около 1500 м. Здание малой ГЭС размещают вблизи впадения реки Окусикан в реку Ангаракан-Муяканский. Для увеличения мощности МГЭС на восточном портале предложено использовать дополнительно гидроэнергетический потенциал р. Ангаракан-Муяканский с размещением головного узла ГЭС на самой реке.

В состав головного узла необходимо включить водосливную плотину высотой 2,0...2,5 м и длиной около 25...30 м, водоприемник с однокамерным отстойником (длиной 22...25 м) с напорной камерой и лестничный рыбоход. Из напорной камеры возьмет начало трубопровод длиной около 1400 м.

В случае использования гидроэнергетических потенциалов дренажных сбросов восточного портала и реки Ангаракан-Муяканский мощность МГЭС может увеличиться и составит около 500 кВт.

Сооружение МГЭС на сбросах западного портала нецелесообразно в связи с незначительными значениями напора и расхода.

В таблице даны параметры МГЭС на Восточном портале.

Параметры МГЭС на Восточном портале

Параметр	Восточный портал	
	на сбросах	на сбросах с использованием р. Ангаракан-Муяканский
Статический напор, м	21,0	21,0
Расчетный расход, м³/с	1,50	3,00
Установленная мощность, кВт	250	500



Рис. 3. Сбросные трубы порталов туннеля

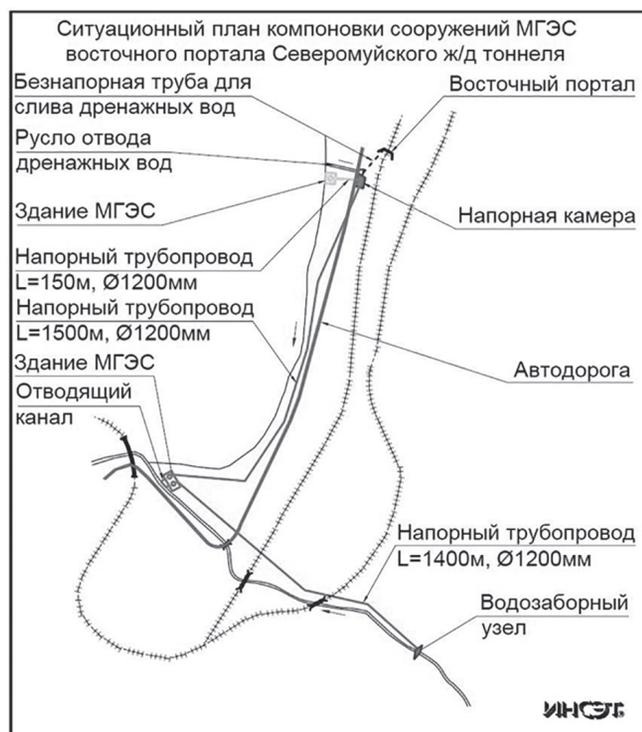


Рис. 4. Ситуационный план размещения МГЭС восточного портала

Все приведенные технические параметры МГЭС будут уточнены после окончания проведения инженерно-изыскательских работ и разработки проектной документации.

Использование энергетического потенциала очищенных сточных вод водоканалов, в частности, для их ультрафиолетового обеззараживания, также весьма эффективно.

Представим проектное решение по использованию очищенных канализационных стоков г. Подольска.

Напор, необходимый для работы гидроэнергетического оборудования и выработки электроэнергии, обеспечивается имеющимся по трассе коллектора перепадом между уровнем воды в коллекторе на входе в перепадную камеру и уровнем воды в ручье, куда сбрасываются стоки, в районе оголовка выпуска на выходе из коллектора (рис. 6).

При разработке проекта было предложено несколько вариантов размещения сооружений МГЭС, отличающихся схемой подвода воды и местом расположения здания станции. В результате выбран вариант с размещением здания МГЭС на правом берегу ручья возле оголовка выпуска.

Для реализации решения выполнена реконструкция участка коллектора К3 перед входом железобетонной трубы Ду 2000 в перепадную камеру и устроена напорная водоприемная камера.

Параллельно концевому участку коллектора К3 положен подводящий напорный (деривационный) во-

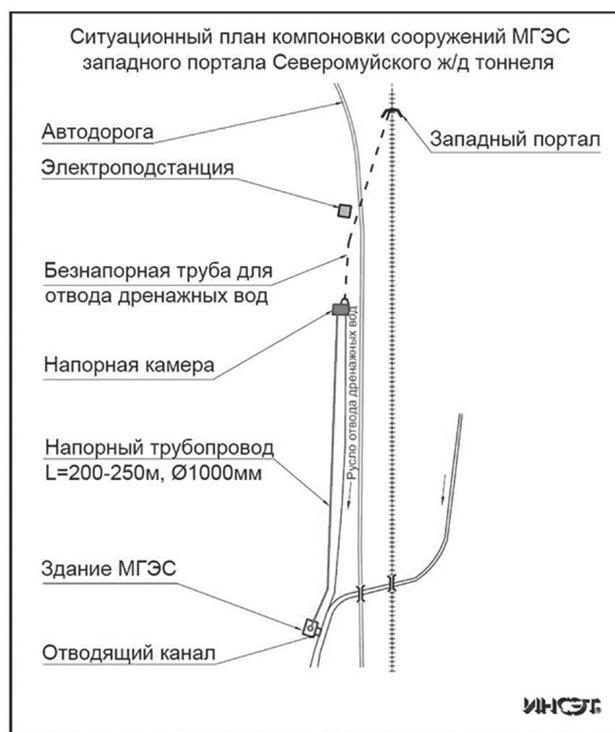


Рис. 5. Ситуационный план размещения МГЭС западного портала

двод Ду 1000 длиной 93 м, подводящий воду от водоприемной камеры к зданию МГЭС.

Основные параметры МГЭС

Статический напор (брутто) min/max, м.....	9,05/10,7
Рабочий напор (нетто) min/max, м.....	9,16/10,43
Расход МГЭС, м ³ /с	0,69...1,54
Установленная мощность одного агрегата типа Пр30-В-46/750-55, кВт.....	55,0
Расчетный расход агрегата min/max, м ³ /с	0,69/0,77
Количество агрегатов МГЭС, шт.	2
Установленная /расчетная мощность МГЭС, кВт.....	110,0 /100,0
Прогнозируемая среднегодовая выработка (при $W_{\text{ср.сутгод}} = 100...140$ тыс. м ³ /с), млн кВт·ч.....	0,53...0,82

В связи с увеличением потребности промышленности в редкоземельных металлах постоянно растет их добыча. Однако, залежи расположены в отдаленных регионах с критическими природно-климатическими условиями, где отсутствует необходимая инфраструктура, электроснабжение осуществляется дизельными установками, что значительно повышает себестоимость металла.

На предполагаемом участке строительства МГЭС проведено рекогносцировочное обследование, по результатам которого рассмотрены два варианта строительства МГЭС по деривационной схеме.

По первому из них часть стока реки объемом 36,0 м³/с подводят земляным каналом длиной 4000 м к водозаборному железобетонному оголовку шлюза-

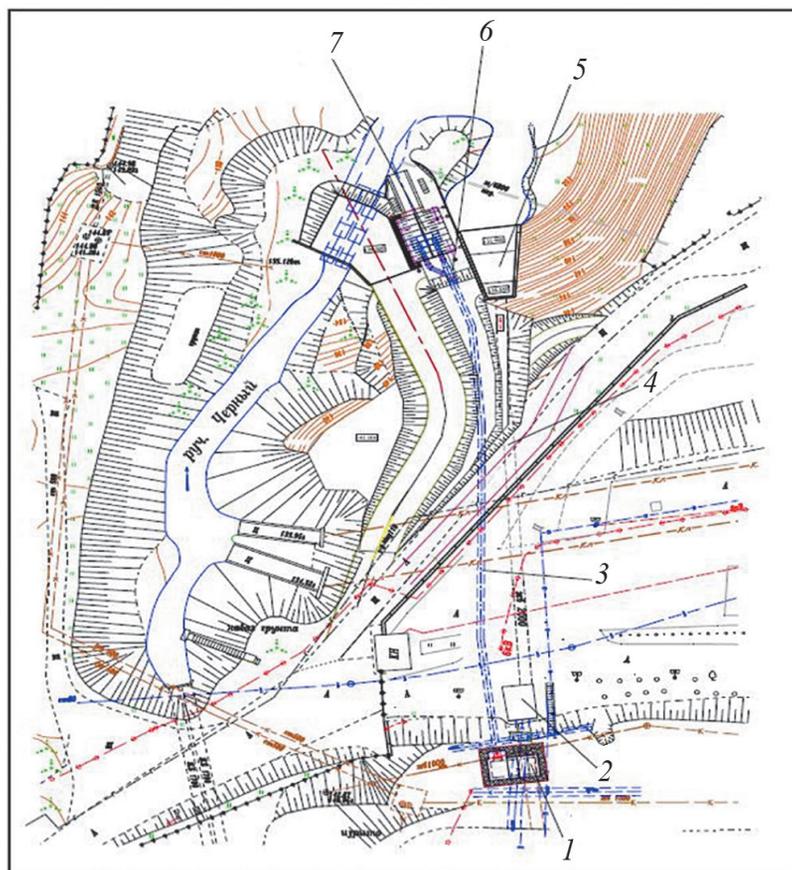


Рис. 6. Компановка сооружений МГЭС и существующих сооружений коллектора:

1, 2 — напорная и перепадная камеры; 3 — напорный водовод; 4 — коллектор КЗ; 5 — оголовок выпуска; 6 — анкерная опора; 7 — здание МГЭС.



Рис. 7. Схема размещения объектов МГЭС на местности (вариант 1)



Рис. 8. Схема размещения объектов МГЭС на местности (вариант 2)

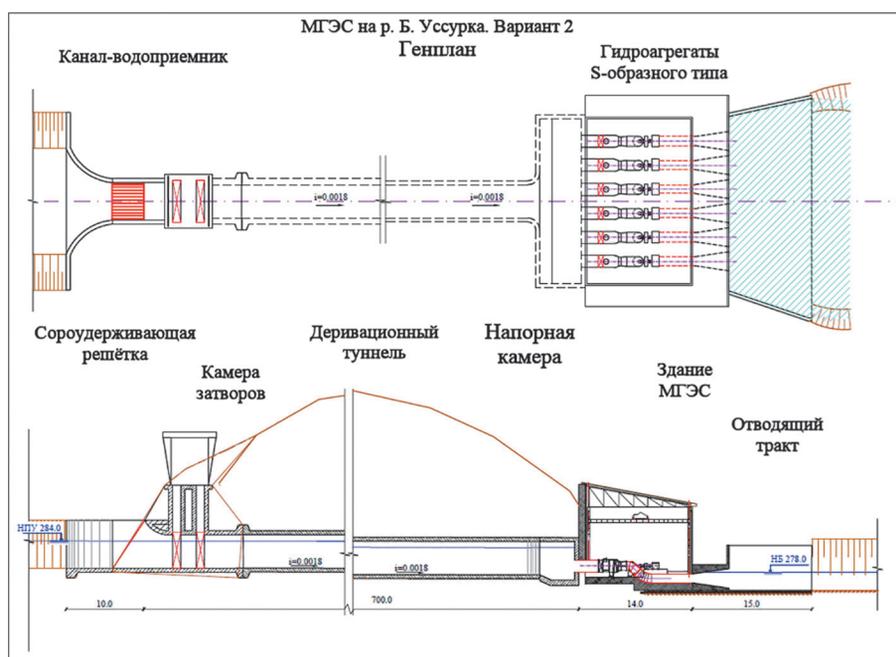


Рис. 9. Генеральный план размещения гидротехнических сооружений (вариант 2)

регулятора, и затем по деривационному каналу — к пристанционной напорной камере, из которой по шести турбинным водоводам диаметром 1400 мм вода поступает к соответствующему агрегату, установленному в здании станции, примыкающему к напорной камере (рис. 7). Наземная часть здания МГЭС выполнена в виде металлокаркасной рамной конструкции прямоугольного сечения с обшивкой по наружному контуру сэндвич-панелями. Отработанную воду отводят в камеру сводного отводящего тракта и далее сбрасывают в русло реки.

По второму варианту комплекс гидротехнических сооружений также устанавливают в правобережной зоне реки. Водоподводящим земляным каналом часть стока реки подводят к железобетонному оголовку водозаборного шлюза-регулятора (рис. 8). Отличие этого варианта заключается в том, что водоприемный оголовок камеры шлюза-регулятора частично встроен в тело горного массива, а вместо деривационного канала длиной 4000 м использован подковообразный деривационный туннель с уклоном 0,0018, длиной около 700, облицованный железобетонной оболочкой толщиной

200 мм. Генеральный план размещения гидротехнических сооружений по второму варианту дан на рис. 9.

За счет отказа от деривационного канала и замены его на безнапорный деривационный туннель (штольную) более чем на 20% снижается стоимость строительно-монтажных работ, значительно упрощаются вопросы зимней эксплуатации и обслуживания деривационного тракта.

Предварительно определенные объемы капитальных вложений при строительстве МГЭС мощностью 2000 кВт составляют по первому варианту — 351,2 млн руб., по второму — 274,9 млн руб.

Литература

1. **Энергетические ресурсы СССР.** Гидроэнергетические ресурсы / Под ред. А.Н. Вознесенского. М.: Наука, 1967.
2. **Безруких П.П. и др.** Ресурсы и эффективность использования возобновляемых источников энергии в России. М.: Книга-Рента, 2008.
3. **Бляшко Я.И.** Инновационные решения в области малой гидроэнергетики. Электрические станции и электроэнергетические системы // Новое в российской электроэнергетике. 2017. № 9. С. 19—29.

Сведения об авторе:

Бляшко Яков Иосифович — кандидат технических наук, Генеральный директор АО «МНТО ИНСЭТ», Член Президиума комитета по ВИЭ при РосСНИО, Член научного Совета по ВИЭ при Санкт-Петербургском центре РАН, Вице-президент объединения энергетиков Северо-Запада, e-mail: ins-2006@mail.ru

Information about author:

Blyashko Yakov I. — Ph.D. (Techn.), General Director of JSC «MNTO INSET», Member of the Presidium of the RES Committee at ROSSNIO, Member of the Scientific Council on RES at the St. Petersburg Center of the Russian Academy of Sciences, Vice-president of the Association of Power Engineers of the North-West, e-mail: ins-2006@mail.ru

Статья поступила в редакцию: 15.03.2022

The article received to the editor: 15.03.2022

Выводы

Разработаны инновационные технологические и проектные решения, позволяющие сооружать малые ГЭС на промышленных водотоках, в том числе, в регионах с экстремальными природно-климатическими условиями.

В результате обследования промышленных водотоков подтверждена техническая возможность и экономическая целесообразность их использования для производства электрической энергии.

Разработанные решения охватывают промышленные водотоки различных отраслей промышленности.

References

1. **Energeticheskie Resursy SSSR.** Hidroenergeticheskie Resursy. Pod Red. A.N. Voznesenskogo. M.: Nauka, 1967. (in Russian).
2. **Bezrukikh P.P. i dr.** Resursy i Effektivnost' Ispol'zovaniya Vozobnovlyaemykh Istochnikov Energii v Rossii. M.: Kniga-Renta, 2008. (in Russian).
3. **Blyashko Ya.I.** Innovatsionnye Resheniya v Oblasti Maloy Hidroenergetiki. Elektricheskie Stantsii i Elektroenergeticheskie Sistemy. Novoe v Rossiyskoy Elektroenergetike. 2017;9:19—29. (in Russian).