Исходная версия от 05.02.2022

КОНЦЕПЦИЯ

инновационного проекта (предложения) на тему:

«Донбасс - регион инновационной электролизно-водородной экономики»

(*Донбасс ИЭВЭ*)

Инициаторы проекта:

ООО «Техноподземэнерго»

ООО «АНТЭКС»

ООО «МКБ «Транспрогресс»

1. Общие положения

1.1 Инновационный проект - инвестиционное предложение ***Донбасс ИЭВЭ*** (далее Проект) является комплексным инвестиционным проектом, предполагающим стратегически важную и выверенную трансформацию всей экономики Восточной части Донецкого угольного бассейна (Ростовской области и ЛДНР) путем создания здесь в конечном итоге инновационной инфраструктуры производства и широкомасштабного использования водорода в качестве экологически чистого энергоносителя (топлива), высокоэффективного рабочего тела (восстановителя) и исходного сырья в таких важнейших для региона отраслях экономики, как теплоэнергетика, транспорт, металлургия и химическая промышленность соответственно. Такая трансформация может и должна осуществляться на основе использования и последовательной модернизации и развития уже имеющейся инфраструктуры региона, природно-ресурсных особенностей Восточного Донбасса в соответствии с интенсивно формирующимся в мире глобальным трендом на безуглеродную энергетику и низкоуглеродную экономику в целом.

1.2 В конце 80-х прошлого столетия в СНТТ «Техноподземэнерго», созданного при головном институте Минуглепрома СССР ИГД им. А.А.Скочинского, было разработано ряд изобретений и сформулированы основные положения концепции безлюдной термогазодинамической отработки угольных пластов, а также направления реконструкции отработанных глубоких угольных шахт в подземные атомные и гидроаккумулирующие электрические станции. Уже тогда была видна крайняя необходимость такой модернизации и реконструкции предприятий угольной промышленности прежде всего в Донецком угольном бассейне. Поэтому в начале августа 1991 года по указанию Министра угольной промышленности СССР Михаила Ивановича Щадова у его первого заместителя Фисуна Александра Петровича состоялось рабочее совещание по рассмотрению этих предложений и было принято решение в течение ближайших двух недель подготовить и провести заседание коллегии Минуглепрома СССР по данной проблеме. К сожалению, как известно, в 20-х числах августа того же 1991 года случился ГКЧП и затем фактически вопреки воле народа Советский Союз был «упразднен», а команда новоявленных реформаторов угольную промышленность великой угледобывающей страны пустила в свободное плавание, отдав отрасль в частные руки. При этом отраслевая угольная наука, как оказалось в итоге, прекратила свое существование и сегодня мы имеем то что имеем. Традиционные угледобывающие регионы угасают либо переходят при малейших возможностях к открытой добыче угля и его вывозу на внешние рынки, что влечет за собой появление новых районов угледобычи на Севере и на Дальнем Востоке. А это еще больше усугубляет имеющуюся ситуацию.

Почти 30 лет тому назад нами на основе многих закрываемых тогда угольных шахт предлагалось создание подземных атомных и гидроаккумулирующих электрических станций (патенты РФ № 1828710 и № 1828711), что могло бы в значительной мере не допустить сложного состояния, в котором оказалась сегодня отечественная угольная отрасль. Наши последние разработки и предложения по подземным атомным электрическим и гидроаккумулирующим станциям и комплексам оборудования (патенты РФ № 2643668 и № 2652909) находятся непосредственно в интенсивно раскручивающихся сегодня в глобальном мире «инвестиционно-атомных войнах» на основе малогабаритных модульных атомных реакторов нового поколения.

Более того, актуальная климатическая повестка, набирающий силу в мире тренд на декарбонизацию экономики и стремление уже к середине текущего столетия достичь углеродную нейтральность в энергетике, делают весьма неопределенным будущее угольной промышленности. Это, помимо всего прочего, является серьезнейшим вызовом прежде всего для экономики одного из старейших в мире Донецкого угольного бассейна. В этой связи особое звучание приобретают инновационные идеи и проекты-предложения по безлюдной термогазодинамической отработке угольных пластов и созданию подземных энерготехнологических комплексов, изложенных в рукописи монографии от 1995 г. **«Подземная электроэнергетика»,** которая многие годы все еще «висит без движения» на сайте ООО «Техноподземэнерго» www.oootpeavi.ru …

Одним из основных направлений достижения углеродной нейтральности сегодня рассматривается приоритетное формирование и развитие водородной экономики путем широкомасштабного производства водорода, получаемого путем комбинированного использования экологически чистых возобновляемых (ВИЭ) и/или других первичных источников энергии, включая и энергию самого углерода (угля) при условии улавливания, рециркуляции и захоронения получаемого при этом парникового газа CO_2. Производимый водород найдет широкое применение в теплоэнергетике, на транспорте, в металлургии для повышения эффективности доменного производства и при переходе к выработке металлопродукции (ГБЖ/ПВЖ) путем прямого восстановления железа из руды, а также в химической промышленности.

На первой стадии осуществления проекта разрабатываются, создаются и/или модернизируются следующие три главные инфраструктурные составляющие.

1.3.1 Модернизация и перевод на водоугольное топливо, а в дальнейшем и для работы на электролизном водороде, действующих в регионе тепловых электрических станций, а также создание новых генерирующих электрических мощностей с использованием экологически чистых, в частности, подземных атомных гидроаккумулирующих теплоэлектрических станций (ПАГАТЭС) и полностью возобновляемых источников энергии (ВИЭ).

1.3.2 Мультимодальные транспортные «угледоставочные» системы - коридоры, соединяющие угольные шахты Донбасса и потребителей угольной продукции и водоугольного топлива внутренним потребителям, а также с региональными железнодорожными пунктами «бесперевалочной» погрузки и доставки в танк-контейнерах в морские порты при экспортной поставке, включая поставки водоугольного топлива (ВУТ) танкерами-химовозами.

2. Базовые технологические схемы подземных энергокомплексов

2.1 Сохраняющийся в Донбассе, а также в Кузнецком угольном бассейне (Кузбассе) подземный - шахтный способ добычи угля сегодня базируется на использовании главным образом импортного оборудования для комплексно-механизированных очистных забоев угольных шахт

при том, что сама по себе эта технология была во многом разработана и получила достаточно широкое промышленное применение еще в Советском Союзе. К сожалению предлагавшиеся уже тогда прорывные направления по трансформации традиционных угольных шахт в подземные энерготехнологические комплексы оказались не востребованными при том, что эта проблема для традиционных угледобывающих регионов остается еще более актуальной и сегодня в особенности с учетом интенсивно развивающегося в мире перехода к углеродной нейтральности всей экономики. Одна из технологических схем предлагавшегося тогда подземного энерготехнологического комплекса, в частности, с газификацией угля в подземных условиях шахты, представлена на рисунке 1.

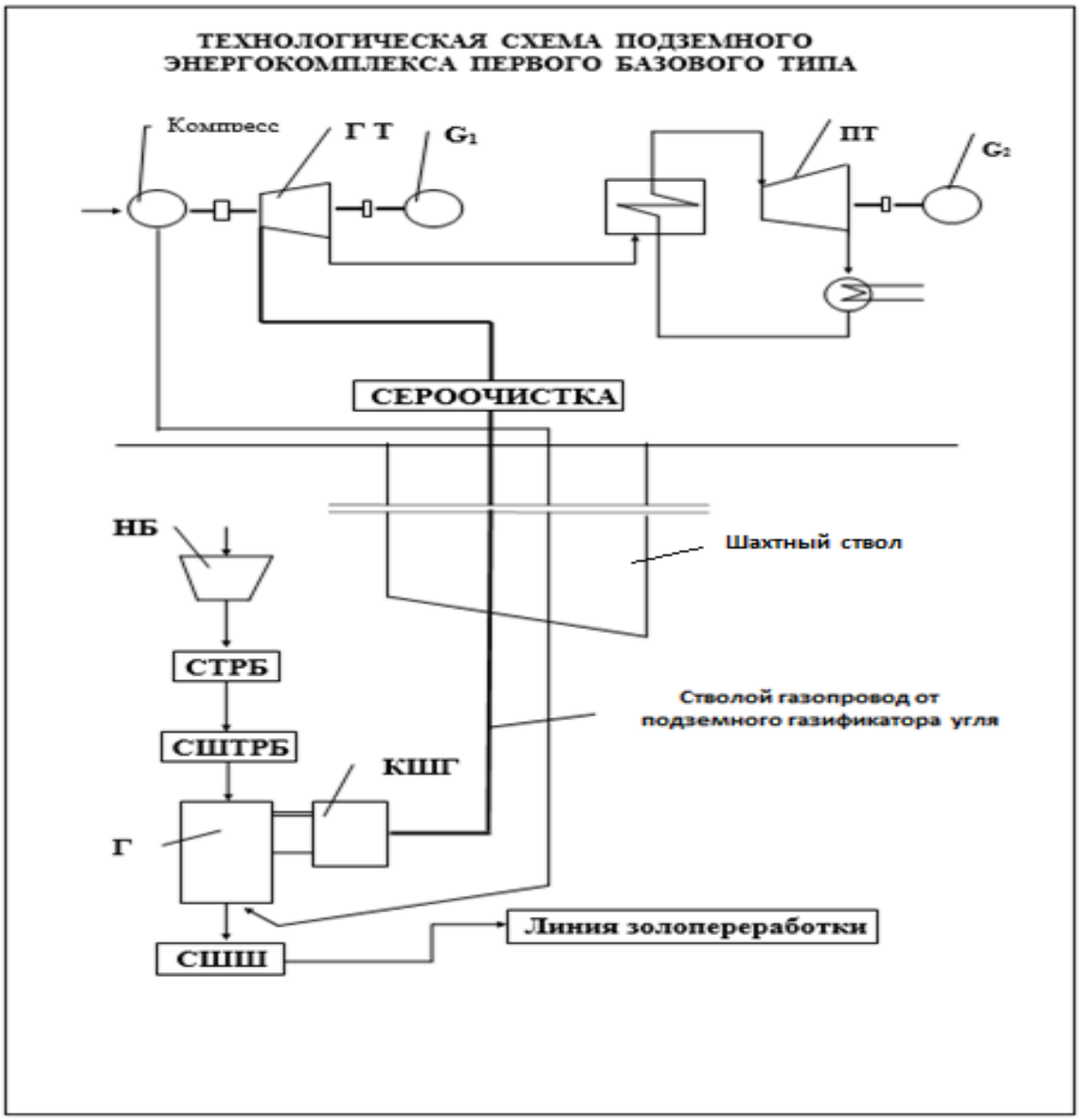

Рисунок 1 - Схема одного из базовых вариантов подземного (шахтного) энерготехнологического комплекса

2.2 Под землей в районе околоствольного двора шахты в специально пройденных и соответствующим образом оборудованных камерах устанавливается один или несколько газогенераторов ГГ с конвективными шахтами КШГ для предварительной очистки

генераторного газа, получаемого в газогенераторах. Уголь из очистных забоев как и обычно доставляется к стволу и подается в накопительный бункер НБ, откуда он далее поступает на ту или иную систему углеподготовки (например на систему термобрикетирования СТРБ - при необходимости) и через систему шлюзования (СШТРБ) затем поступает в газогенератор ГГ. Зола после газогенератора через систему шлюзования шлаков направляется на линию золопереработки, а генераторный газ по стволовому газопроводу выдается на дневную поверхность, проходит стадию сероочистки и подается для дальнейшего использования. В качестве энергогенерирующего оборудования в данном случае используется парогазовая электростанция, работающая по так называемому бинарному термодинамическому циклу. Генераторный газ (синтез-газ), вырабатываемый под землей из угля, поступает в камеру сгорания газовой турбины ГТ, на валу которой находятся компрессор и электрический генератор G1. Высокотемпературный выхлоп газовой турбины в свою очередь подается на паротурбинную установку с котлом - утилизатором, паровая турбина ПТ вращает электрический генератор G2.

2.3 В целом угольные шахты, как достаточно специфические объекты по своей структуре и другим, присущим им характерным особенностям, с учетом достаточно высокого уровня технологического развития в ряде смежных отраслей промышленности, позволяют создавать на их основе значительное число конкретных технологических схем подземных энерготехнологических комплексов, которые могут быть сведены (классифицированы) к трем основным, т.е. как бы базовым, типам.

Первый тип подземных энергокомплексов составляет совокупность технологических схем, которые предусматривают ту или иную степень переработки твердого топлива в подземных условиях угольной шахты в более облагороженные виды энергетического топлива и выдачу их на дневную поверхность для последующего использования, таких, прежде всего, как генераторный газ (синтез-газ), топливная композиция в виде смеси генераторного газа и пылевидного твердого топлива, водо-угольное топливо (ВУТ) и т.д.

Ко второму типу относятся базовые технологические схемы энергокомплексов, в которых между дневной поверхностью и подземным пространством шахты циркулирует промежуточный энергоноситель или, точнее говоря, то или иное рабочее тело, используемое уже непосредственно в том или ином термодинамическом цикле преобразования энергии и получения конечных продуктов теплоэнергоснабжения. Прежде всего это, конечно, обычный водяной пар (вода), которые и сегодня наиболее широко используются в современной теплоэнергетике.

Третий тип базовых технологических схем составляют подземные энергокомплексы, предусматривающие выработку в подземных условиях - в шахте и конечных продуктов теплоэнергоснабжения с последующей выдачей их на дневную поверхность для поставки потребителям.

2.4 Наибольший эффект будет достигаться во всех типах подземных энерготехнологических комплексов при переходе к инновационным термогазодинамическим и парогазовым способам и технологиям безлюдной отработки угольных пластов. Одна из таких технологий описана в патенте Российской Федерации № 2027854 на «Способ разработки угольных месторождений и комплекс оборудования для его осуществления» и приведена на рисунке 2.

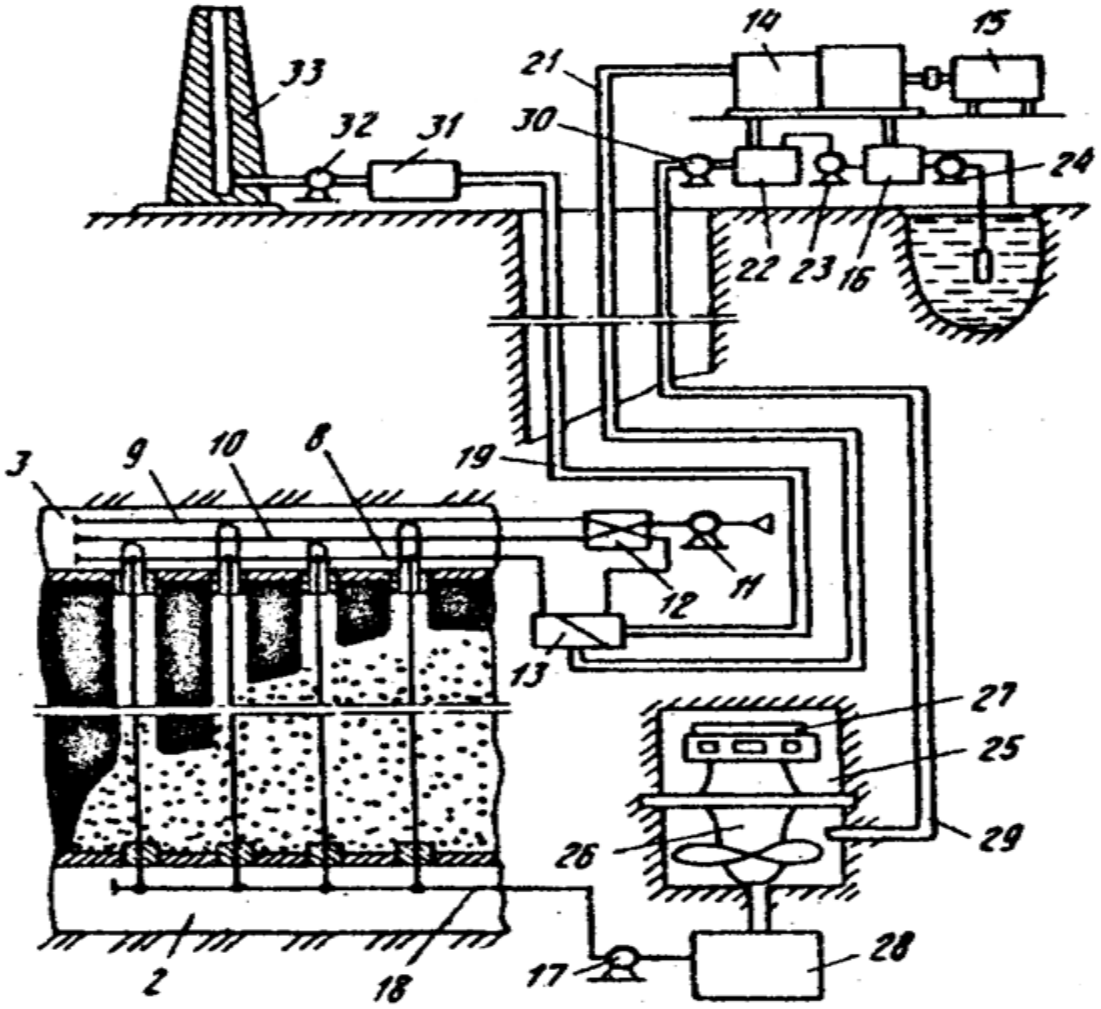

Рисунок 2 - Технологическая схема подземного энергокомплекса с безлюдной отработкой угольных пластов столбами термогазогенераторами с поперечными скважинами

Сущность способа заключается во вскрытии месторождения капитальными выработками, подготовке месторождения, а также отработке пластов угля столбами или заходками. В плоскости угольного пласта между подготовительными горными выработками или из одной из них на заданную величину бурят систему скважин с определенным интервалом между ними, у одного из концов скважин производят розжиг пласта, по одной части скважин, например с нечетными номерами, подают дутье для горения и газификации угля в пласте, а по другой части скважин отводят газообразные продукты сжигания угля, через зону горения пласта каналы отвода газообразных продуктов по скважинам оборудуют теплообменниками-трубопроводами, по которым прокачивают теплоноситель (например, воду), газообразные продукты и теплоноситель из зоны горения и газификации пласта подают соответственно в топку и в парогенератор котла-утилизатора, который устанавливают на подготовительной горной выработке, получаемый перегретый пар подают на паровые турбины, а отработавший теплоноситель после конденсации снова подают в зону огневого забоя пласта, причем по мере отработки угольного столба или заходки вводят в действие новые скважины по пласту.

Краевые части пласта, выходящие на горные выработки, изолируют от последних с помощью герметизирующей перемычки, а подачу дутья и отвод газообразных продуктов горения и газификации угля ведут по напорно-отсасывающей схеме, причем канал отвода (отсоса) газообразных продуктов на подготовительных выработках размещают внутри канала подачи дутья, а сжигание газообразных продуктов в топке котла-утилизатора интенсифицируют подачей в нее обогащенного дутья.

3. Трубопроводные-транспортные системы

3.1 Инновационная автоматизированная система трубопроводно-контейнерного пневмотранспорта для доставки угольной продукции от угледобывающих предприятий представлена на рисунке 3. Система обеспечивает транспортировку угля в закрытых колесных вагонетках (контейнерах) по транспортным стальным трубопроводам большого диаметра (1200 – 1600 мм) на расстояние до 100 км производительностью до 10 млн. тонн груза в год.

Рисунок 3 - Инновационная система трубопроводно-контейнерного пневмотранспорта

3.2 Для транспортировки водоугольного топлива, вырабатываемого на угледобывающих предприятиях могут также использоваться углепроводы, построенные по типу разработанного ранее в Советском Союзе опытно-промышленного углепровода Белово – Новосибирск, представленного на рисунке 4. При этом конечной целью создания и развития систем трубопроводного транспорта должно явиться повышение эффективности перевозок угольной продукции (угля) и других промышленно-ресурсных грузов включая и средства большегрузного автотранспорта, работающие на водороде.

Рисунок 4 - Схема опытно-промышленного трубопроводного комплекса транспортировки водоугольного топлива (углепровода)

3. Модернизация тепловых электрических станций

3.1 Одним из перспективных направлений в модернизации тепловых электростанций Донбасса может явиться использование, условно говоря, принципа гибридизации таких энергообъектов с использованием возобновляемых источников энергии (ВИЭ), как это ниже иллюстрируется на примере одного из инновационных проектов, над которым команда Проекта работает в последнее время в рамках сотрудничества с региональными правительствами Хабаровского края и Магаданской области.

3.2 Исходно-базовый вариант (технологическая схема) приливно-ветряных гидроаккумулирующих электрических станций в Тауйской губе Магаданской области для соответствующего инновационного проекта представлен на рисунке 5. Эта электрическая станция является перспективным инновационным решением, основанным на использовании возобновляемых источников энергии (ВИЭ), прежде всего энергии приливов-отливов для генерации электрической энергии с помощью лопастных ортогональных гидротурбин, снабженных в частности электрическими генераторами, а также применение береговой инфраструктуры, связывающей подводные гидрогенераторы с потребителями производимой электроэнергии. Серьезным достоинством предлагаемой гибридной электрической станции является снижение удельной стоимости ее создания и себестоимости вырабатываемой на ней электрической энергии путем повышения степени (эффективности) использования потенциала первичных источников возобновляемой энергии и компенсации неравномерностей в их

суточных циклах и в другие промежутки времени, а также обеспечение возможностей аккумулирования (накопления) «избыточной» первичной энергии и долговременного ее хранения для дальнейшего использования.

3.3 В целом использование возобновляемых экологически наиболее чистых источников энергии и предлагаемой электрической станции обеспечивает не только энергообеспечение рассматриваемого инновационного проекта, но и создает большие возможности достижения существенных коммерческих результатов при интенсивно формирующемся в мире глобальном энергопереходе к малоуглеродной и зеленой энергетике.

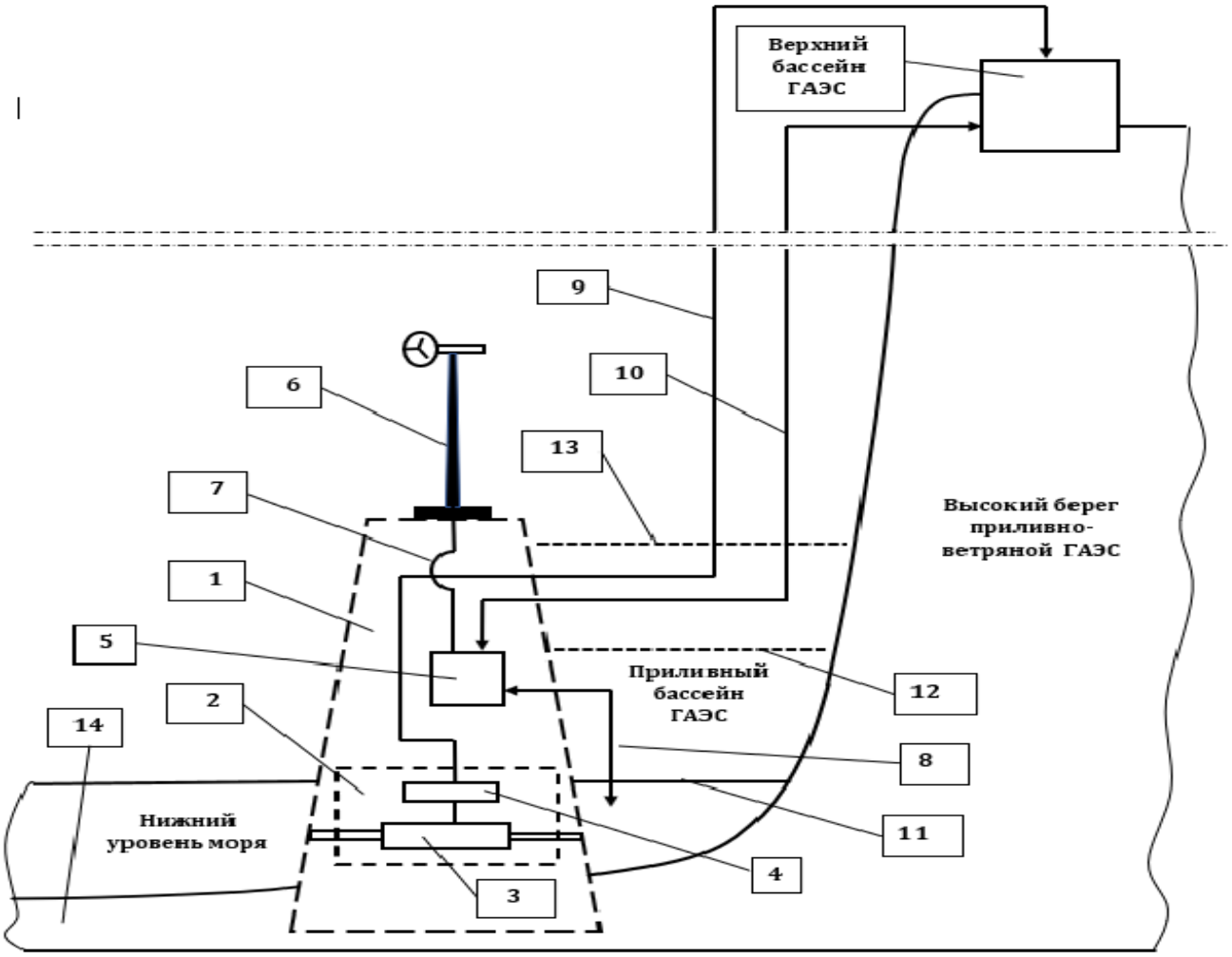

Рисунок 5 - Базовый вариант гидроаккумулирующей электрической станции для производства электролизного водорода

3.4 На рисунке 5 показаны: 1 – прибрежная приливная плотина электростанции; 2 – гидротурбонасосный агрегат; 3 – ортогональная гидравлическая турбина; 4 - высоконапорный насос; 5 – высоконапорный обратимый гидрогенератор; 6 – ветряная генерирующая установка (ветряная энергоустановка); 7 – электрический кабель; 8 – реверсивный водоприемник обратимого гидрогенератора; 9 – напорный трубопровод; 10 – реверсивный водовод гидрогенератора; 11 – нижний уровень моря; 12 - верхний уровень приливного бассейна

электростанции; 13 – верхний рабочий уровень плотины; 14 – дно (почва) прибрежного участка моря.

4. Высокотемпературный электролиз получения водорода

4.1 Как известно сегодня в мире производится значительное количество водорода. При этом 75% водорода получают из природного газа путем его парокислородной конверсии, 25% вырабатываемого водорода производится с использованием в качестве источника первичной энергии угля и только 2 % водорода получают путем электролиза воды, который обеспечивает наиболее чистый (зеленый) водород, но требует значительных затрат дорогостоящей электрической энергии. Сегодня стоимость голубого водорода, получаемого из природного газа (метана), составляет ориентировочно $2-3 за 1 кг водорода, а также $5-10 за водород, полученный электролизом. Тем не менее именно электролиз воды является наиболее перспективным направлением получения водорода, поскольку полученный методом электролиза водород — это своеобразный гарантированный запас энергии, являющийся практическим воплощением мечты о чистой энергии в рамках стремительно нарастающего во всем мире энергоперехода к безуглеродной энергетике. Важнейшим направлением при этом является, в частности, и производство электрической и тепловой энергии, необходимых при электролизе воды, с помощью атомных энергетических установок и станций, например, использованием подземных атомных гидроаккумулирующих электрических станций (ПАГАТЭС), как это представлено ниже на рисунке 6.

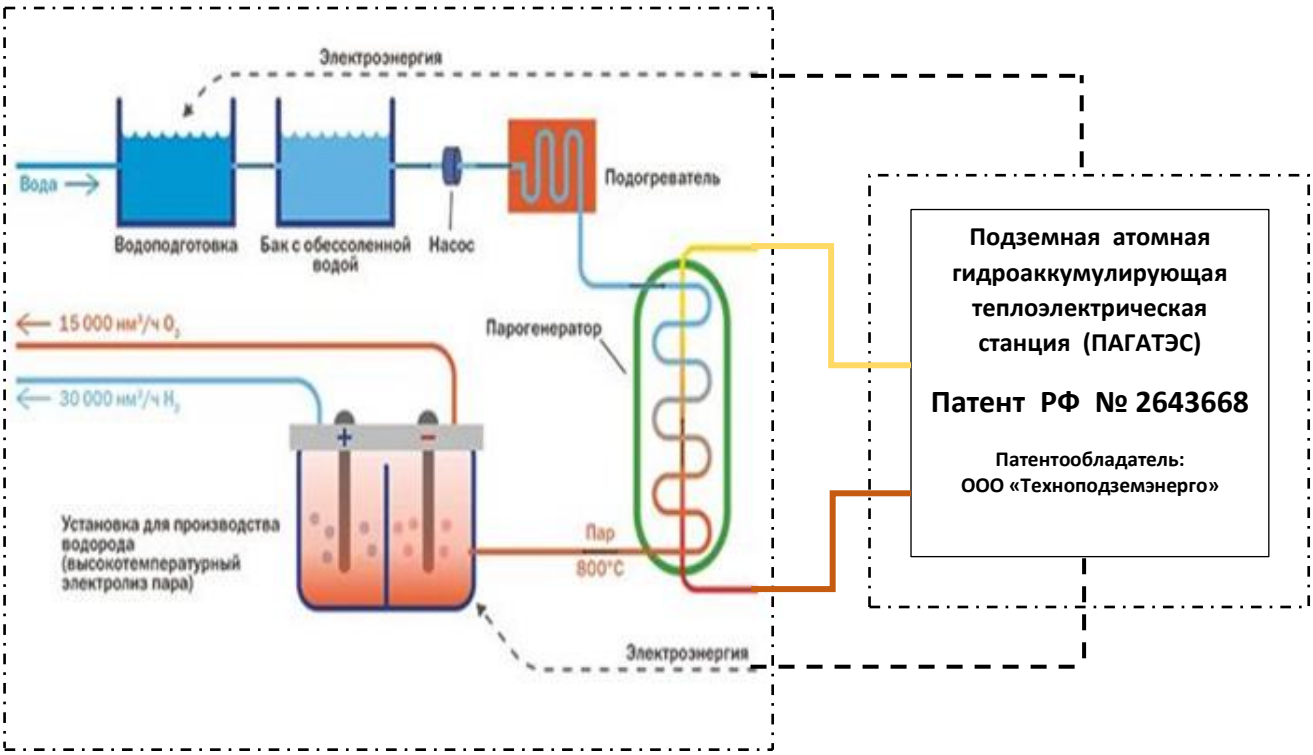

Рисунок 6 - Технологическая схема производства электролизного водорода с подземной атомной теплоэлектрической станцией

4.2 Используемая для производства электролизного водорода подземная атомная гидроаккумулирующая теплоэлектрическая станция (ПАГАТЭС) выполнена в виде поверхностного и подземного энерготехнологических комплексов, включающих главный и вспомогательный шахтные стволы, околоствольный двор с камерами для размещения в них блочно-модульного оборудования по меньшей мере одной атомной энергетической установки в виде малогабаритного высокотемпературного атомного реактора и турбомашинного преобразователя энергии, подземные шахтные установки и производственно-технологические блоки - потребители электрической и тепловой энергии, сеть подземных горно-подготовительных выработок, используемых для обеспечения технологических процессов и выполняемых производственных функций, проложенные по главному шахтному стволу электрические силовые и информационные коммуникации-кабели, водосливные и водонапорные трубопроводы, термоизолированные трубопроводы для выдачи тепловой энергии. В базовом - максимальном варианте реализации станция снабжена пассивной системой аварийного расхолаживания атомного реактора и энергонезависимой активной системой аварийного расхолаживания подземной камеры атомной энергетической установки, одновременно содержит поверхностный – верхний гидроаккумулирующий бассейн, поверхностный резервуар – охладитель системы аварийного расхолаживания атомной энергетической установки, поверхностный накопительный резервуар пресной воды с выходным трубопроводом для подачи ее потребителям. Входным теплообменником циркуляционного контура пассивной системы аварийного расхолаживания является корпус атомного реактора, а выходной теплообменник пассивного циркуляционного контура размещен в охлаждающей среде поверхностного резервуара – охладителя. Система аварийного расхолаживания подземной камеры атомной энергетической установки имеет активный циркуляционный контур, образуемый частью свободного объема этой подземной камеры и всего объема охлаждающей воды поверхностного резервуара – охладителя, активная циркуляция охлаждающей воды в этом контуре при этом осуществляется по стволовым трубопроводам с помощью штанговой поршневой насосной установки, привод – качалка которой размещен на дневной поверхности и имеет независимый от теплоэлектрической станции источник энергии.

4.3 Крупнотоннажное производство электролизного водорода, как энергоемкого топлива и высокореакционного вещества, позволит в Донбассе перейти в конечном итоге на электрометаллургические технологии при выработке высококачественных сталей и производстве металлопродукции минуя «пресловутое» доменное производство за счет прямого восстановления металлов из руд.

4.4 Для производства электролизного водорода наряду с электрической энергией требуется вода с высокой степенью очистки от солесодержащих и других примесных составляющих. Поэтому как бы естественным (сопутствующим) образом при осуществлении предлагаемого проекта будет решена в рамках всего Донбасса и актуальная проблема очистки используемой в регионе воды.

5. Заключение

5.1 Предлагаемый проект является капиталоемким и достаточно сложным в организационно-управленческом плане, что требует серьезного внимания и оказания адекватной помощи команде проекта. В целом проект базируется на использовании современного высокотехнологичного оборудования отечественного и локализованного к производству в России зарубежного энергогенерирующего оборудования, что существенно снижает риски от вложения инвестиций в проект. Ведущие позиции, как известно, здесь

занимают такие российские компании как ГК «Росатом», ПАО «РусГидро», группа компаний «Роснано» и некоторые другие, что обусловливает привлечение и соответствующее участие этих «игроков крупного бизнеса» важным для осуществления проекта, включая и взаимовыгодное международное сотрудничество России с высокоразвитыми странами - соседями на Дальнем Востоке, например, с Японией и Республикой Корея. Все же главными участниками и бенефициарами предлагаемого инновационного проекта должны могут и должны явиться угледобывающие компании и предприятия Донбасса, ряда регионов России, в частности Кемеровской области – Кузбасса, а также некоторых других регионов России, «заинтересованных» в использовании продуктов глубокой переработки угля, как относительно наиболее дешевого и доступного первичного источника энергии. К числу таких регионов (по нашему мнению) могут относиться Ростовская и Мурманская области, Республика Крым, Хабаровский край и некоторые другие регионы России.

5.2 В последнее время фактически становится уже общепризнанным, что атомная энергетика является экологически наиболее чистой и в перспективе рано или поздно способна стать и полностью возобновляемой. При этом «водородная энергетика» входит все больше и больше уже сегодня в нашу повседневную жизнь. Поэтому осуществление предлагаемого инновационного проекта ***Донбасс ИЭВЭ*** представляется все более востребованным.

5.3 Сегодня в металлургии, являющейся достаточно консервативной с точки зрения используемого первичного источника энергии в виде металлургического угля (кокса) интенсивно развиваются технологии повышения эффективности доменного производства путем вдувания в доменные печи угольной пыли и синтез-газа, получаемого тем или иным способом. Более того, за счет стремительного наращивания производства зеленого водорода и синтез-газа сталелитейное производство и вовсе в ближайшие годы будет переходить к бездоменным технологиям получения металлопродукции путем прямого восстановления металлов из руд. Все это является не только серьезным вызовом для экономики Донбасса, но и создает значительные новые возможности для ее развития.

Генеральный директор
ООО «Техноподземэнерго» А.В. Ильюша

Генеральный директор
ООО «АНТЭКС» М.А. Андреев

Генеральный директор
ООО «МКБ «Транспрогресс» Ю.А. Яшин