

УДК: 001.18

**А.В. Ратушный, А.А. Дрофа**

Сумской Государственный Университет

**ПУТЬ К НОВОЙ ПАРАДИГМЕ РАЗВИТИЯ: ОСОБЕННОСТИ ПЕРЕХОДА К VI ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМУ УКЛАДУ И ПОСТИНДУСТРИАЛЬНОМУ ОБЩЕСТВУ**

*В статье рассматриваются перспективы перехода к VI технологическому укладу и постиндустриальному обществу в глобальном плане. Раскрываются соответствующие предпосылки перехода, характерные для сегодняшнего дня как основы новой парадигмы развития. В качестве примера и практического приложения анализируются потенциальные возможности развития технических систем, передающих энергию жидкости.*

*Ключевые слова:* VI технологический уклад, особенности перехода, перспективы насосостроения

**О.В. Ратушний, А.О. Дрофа****ШЛЯХ ДО НОВОЇ ПАРАДИГМИ РОЗВИТКУ: ОСОБЛИВОСТІ ПЕРЕХОДУ ДО VI ТЕХНОЛОГІЧНОГО УКЛАДУ ТА ПОСТІНДУСТРІАЛЬНОГО СУСПІЛЬСТВА**

*У статті розглядаються перспективи переходу до VI технологічного укладу і постіндустріального суспільства в глобальному плані. Розкриваються відповідні передумови переходу, характерні для сьогоднішнього дня як основи нової парадигми розвитку. В якості прикладу і практичного застосування аналізуються потенційні можливості розвитку технічних систем, що передають енергію рідини.*

*Ключові слова:* VI технологічний уклад, особливості переходу, перспективи насособудування

**A. Ratushnyi, A. Drofa****THE WAY TO THE NEW DEVELOPMENT PARADIGM: PECULIARITIES OF TRANSITION TO THE VI WAVE OF INNOVATION AND THE POST-INDUSTRIAL SOCIETY**

*The article examines the peculiarities for transition to the VI wave of innovation and the post-industrial society in the global plan. Authors disclosed the prerequisites for the transition, which are characteristic for today and constitute the basis for a new development paradigm., Potential possibilities for the development of pump systems were analyzed as an example and practical application.*

*Keywords:* VI wave of innovation, peculiarities of transition, prospects of the pump building

**Вступление.** Начало XXI века характеризуется глобальными трансформациями, сутью которых является формирование постиндустриальной формы организации общества, где в реальном секторе экономики преобладает интеллектуальный труд. При этом лидирующее положение в этом формирующемся новом мироустройстве займут страны и общества, перешедшие к VI технологическому укладу [1,2].

XXI век имеет все тенденции стать веком человека. Именно с ним связаны новые возможности и перспективы, но и самые большие риски. Принципиальным отличием постиндустриального общества является то, что главная цель развития общества определяется как повышение качества жизни людей на основе технологического прогресса и фундаментальной науки [3]. Главенствующими станут отношения «субъект-природная среда». Чтобы в полном объеме осуществить переход к постиндустриальной форме организации общества, необходимо изменить многие его свойства (социальные, информационные, научные, образовательные, технологические и др.), создать новые общественные институты, выявив при этом и отказавшись от отработанных неэффективных моделей, то есть в целом переориентировать развитие общества и глобально всего человечества [4]. При этом, к именно такой характеристике данного перехода имеются весьма существенные предпосылки.

**Постановка проблемы.** Наш мир в целом и наше общество в частности оказались в точке бифуркации, то есть в такой точке, в любой окрестности которой все возможные совокупности качественных свойств объекта будут существенно отличаться друг от друга [5]. Данная категория понимается как определённый момент выбора, когда предыдущая траектория развития той или иной системы становится неустойчивой и появляются новые варианты развития, а с ними и возможность выбора пути в будущее [6]. Это относится и к развитию многих технических систем, в том числе и передающих энергию жидкости.

Отметим также, что в точках бифуркации флуктуации – хаотические процессы на микроуровне приобретают макроскопическую величину, то есть становятся ощутимыми и приобретают значимость на макроуровне, на уровне системы. При этом флуктуации, внося существенный элемент неопределенности, детерминируют выбор одного определенного направления эволюции из множества возможных. Поэтому для успешного решения стоящей в

целом перед нашим обществом важнейшей проблемы выбора будущего вектора развития всех его сфер, в том числе связанных с производством различных технических систем, необходимо уделить особое внимание исследованию соответствующих процессов на микроуровне с привлечением в комплексе методов естественных наук в рамках междисциплинарного, синергетического подхода, связанного с системной самоорганизацией и ростом упорядоченности структуры систем [7].

Таким образом, на сегодняшний день выходят на первый план актуальная проблема целеполагания и выбора будущего вектора развития (парадигмы) различных систем, так как в окрестности точки бифуркации нет возможности отложить её решение. Отметим, что невнимание к вопросам, связанным с особенностями перехода к VI технологическому укладу и постиндустриальному обществу, и соответствующее неизбежное отсутствие понимания принципов развития различных систем (общественных, технических и т. д.) в будущем с учетом бифуркационного характера данного перехода может привести к претворению в жизнь совершенно неожиданных сценариев их развития (или регресса), вплоть до абсолютно деструктивных. Но при этом отметим, что в окрестности точки бифуркации появляется преобладающее количество возможностей именно для дальнейшего прогресса.

**Цели и задачи исследования.** Цель исследования можно сформулировать следующим образом: наметить характерные черты новой технологической парадигмы развития общества в середине XXI века.

Задачи исследования:

- раскрыть особенности перехода человеческого общества к новому технологическому укладу и постиндустриальному обществу;
- с учетом данных особенностей проанализировать возможности развития технических систем, передающих энергию жидкости.

**Методология исследования.** В качестве методологии данного исследования использовались общенаучные методы – генетический, гипотетико-дедуктивный, индукции, аналогии, научная интерпретация [8].

**Изложение основного материала. Особенности перехода общества к постиндустриальной эпохе.** С 70–80-х годов XX века и до сегодняшнего дня экономику, промышленность, технологии определяет V технологический уклад (ТУ), основой которого является микроэлектроника. Среди передовых отраслей данного ТУ – электронная промышленность, телекоммуникации, вычислительная техника. При этом приблизительно с 2010 года в мире идет интенсивное становление VI технологического уклада – эпохи повсеместного развития и использования нанотехнологий, гелио- и ядерной (термоядерной) энергетики (рис. 1) [9]. Переход от V к VI ТУ, как и все предыдущие переходы, связаны, как видим, со сменой главного энергоносителя эпохи. Следует иметь в виду, что грядущий технологический уклад ориентирован не столько на технологический рост, сколько на повышение качества жизни общества в целом. Его основу будут составлять фундаментальная наука, междисциплинарные научные подходы, в частности теория самоорганизации – синергетика [10].

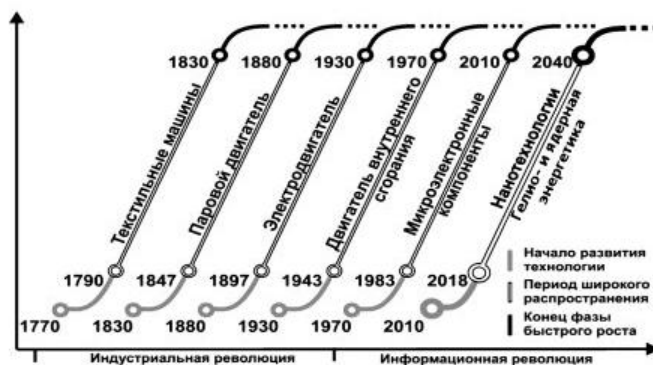


Рис. 1. Периодизация технологических укладов

Отметим, что обоснование неизбежности перехода к новому состоянию общества и соответствующему технологическому укладу было сформулировано еще в самом начале XXI века. Так А. Д. Панов, исследуя планетарную систему [11], включающую в себя биосферу и человеческую цивилизацию, в процессе её исторического развития, представляющую собой последовательность относительно стабильных эпох (биологических и социальных эволюций) и разделяющих их революций (точек бифуркации), подчеркивает её векторный характер.

Отмечается важная особенность, заключающаяся в том, что эволюция происходит в направлении усложнения структуры и удаления глобальной планетарной системы от состояния термодинамического равновесия [12].

Так называемые революции – это переворот в развитии планетарной системы в результате разрешения кризиса эволюционного процесса, выделенные в результате экспертной оценки специалистов различного профиля. Данные революции (от возникновения аэробной эукариотической фауны, «кембрийского взрыва» и начала антропогена до промышленных и информационных революций нового времени и современности) образуют сходящуюся последовательность точек, обладающих свойством автомодельности.

Механизм планетарных революций обладает особенностью использования так называемого потенциала избыточного внутреннего разнообразия. Под этой категорией подразумевается, что некоторые структуры, возникающие на предыдущей фазе развития планетарной системы, но не играющие в ней существенной роли, после революции становятся существенными системообразующими факторами. В результате подобного «естественного отбора» развиваются именно те формы, которые определяют следующий этап развития. То есть революция в таком контексте понимается как существенная перестройка планетарной системы, а не появление новой формы. Исходя из этого, можно говорить об определённом внутреннем единстве революций планетарного цикла и рассмотренных выше смен технологических укладов. Последние в данном случае представляются как некие «подэпохи» последних этапов планетарного цикла, где превалирующую роль играет социальная революция. Таким образом, еще раз убеждаемся в том, что именно сегодня особенно актуален поиск новых возможностей и принципов развития тех или иных глобальных и локальных систем, поиска «незамеченного» среди уже имеющихся подходов, идей, технологий и конструкций.

Следует отметить, что длительность рассматриваемых исторических эпох постоянно сокращается – проявляется эффект ускорения исторического времени. То есть, чем выше уровень организации планетарной системы, тем быстрее она эволюционирует и, соответственно, всё меньше времени требуется до наступления следующего кризиса и следующей революции. Более того, длительность исторических эпох сокращается закономерным образом – в одинаковой пропорции. В этом и выражается свойство автомодельности.

При этом идеальная автомодельная последовательность в данном случае выражается уравнением

$$t_n = t^* - \frac{T}{a^n},$$

где  $a > 1$  – коэффициент ускорение исторического времени, показывающий, во сколько раз каждая последующая глобальная планетарная эпоха короче предыдущей;

$T$  – длительность описываемого промежутка времени;

$n$  – номер революции;

$t^*$  – некоторый момент времени (точка), названный сингулярностью [13].

Суть точки сингулярности заключается в том, что сходящаяся автомодельная последовательность  $t_n$  при  $n \rightarrow \infty$  неограниченно приближается к точке  $t^*$ , никогда её не переходя. Относительно планетарной системы это значит, что её привычная эволюция даже в некоторой окрестности точки сингулярности не сможет продолжаться, так как революции в итоге должны были бы сменять друг друга через исчезающе короткие отрезки времени.

Особенно важно отметить, что рассчитанный путём соответствующего моделирования, ожидаемый предел рассматриваемой последовательности – сингулярность – приходится на 2015 год с погрешностью приблизительно в 15 лет. Данный результат в целом находит подтверждение и среди других исследователей [14].

При этом констатируем, что характер эволюции и развития всей планетарной системы при переходе через точку сингулярности неизбежно должен коренным образом измениться. Очевидна необходимость выбора новой парадигмы бытия человечества – траектории развития в постсингулярную эпоху. Данный тезис, как видим, определяет саму сингулярность, как упомянутую выше точку бифуркации со всеми присущими ей особенностями. Исходя из этого, можно сделать вывод о том, что постсингулярная эпоха фактически будет соответствовать принципиально новой постиндустриальной форме организации общества и VI технологическому укладу со всеми вышеизложенными их особенностями, становление которых при формулировке целостной парадигмы развития, к тому же, по некоторым вышеуказанным особенностям можно частично сопоставить с ноосферогенезом, описанным В. И. Вернадским [15].

Таким образом, можно говорить о том, что наше общество подошло к действительно переломному моменту своей истории, находясь в окрестности точки сингулярности-бифуркации в которой совпали смены основополагающих закономерностей развития всех его сфер.

Особый интерес представляет совпадение изложенных выше тезисов с результатами исследования историков, выполненного путём математического моделирования [16]. Так, оказывается, что наше общество живет по циклическим законам, которые представляют собой 144-летние большие циклы, которые делятся на четыре 36-летние подциклы, которые, в свою очередь, состоят из трех 12-летних периодов.

Последний, ныне действующий 144-летний цикл, начался в 1881 году, когда наше общество в полном объёме начало переходить в эпоху индустриальной революции. Данная дата удивительно точно согласуется с периодизацией технологических укладов (рис. 1), где на 1880 г. приходится зарождение третьего «электрического» уклада. Завершается цикл в 2025 г., что также хорошо коррелирует с приведенными выше данными о времени наступления сингулярности привычной эволюции планетарной системы (2015 г. + 15 лет). Вновь обращаясь к периодизации технологических укладов, видим, что нынешний большой исторический цикл (1881-2025 г.) вобрал в себя последние три уклада, а начало широкого внедрения технологий грядущего VI уклада приходится уже на 2018 г., то есть, фактически, в точку сингулярности-бифуркации. Исходя из всего вышесказанного, невозможно не констатировать уникальность текущего исторического момента и соответствующей великой ответственности современного человечества за будущее и прогресс.

При этом очень важно отметить, что каждый новый большой исторический цикл знаменуется появлением некой новой всеобъемлющей идеи, новых глобальных принципов развития всех систем: от общества, его информационного и промышленного комплексов до отдельного индивида и конкретного класса технических систем.

**Особенности развития систем, передающих энергию жидкости в постиндустриальную эпоху.** Рассмотрим далее системы, передающие энергию жидкости или насосы. Как известно, насос – это техническая система, осуществляющая преобразование энергии рабочего органа в механическую по своей природе энергию потока жидкости. При этом вид энергии, преобразуемый в механическую энергию рабочего органа насоса (например, рабочего колеса) может быть различным в зависимости от вида привода, приемлемого для рационального использования в тех или иных условиях.

Следует обратить особое внимание на тот факт, что принципиальные конструкции и базис теории (основное уравнение лопастных машин, сформулированное Л. Эйлером) самого распространенного типа насосов – динамических – формировались еще при самых первых технологических укладах [17].

Таким образом, сегодня просматривается актуальная проблема, имеющая направленность в будущее. Она заключается в поиске комплексного ответа на принципиальный вопрос о том, будет ли потребность в насосах традиционной конструкции при VI и последующих технологических укладах, стоит ли уже сейчас искать принципиально новые подходы сообщения энергии жидкости? По нашему мнению, залог успешного развития и заключается в поиске новых технических решений, учитывающих объективные тенденции и особенности перехода к VI технологическому укладу.

В данном контексте просматривается своеобразная диалектика перспектив развития насосов как технических систем. С одной стороны, в обозримом будущем, мощное энергетическое насосное оборудование, работающее на принципах, сформулированных еще Эйлером, незаменимо. С другой – идеология перехода к VI технологическому укладу и постиндустриальному обществу требует поисков принципиально новых способов передачи энергии жидкости (причем, на микроуровне). Это связано, прежде всего, с ограниченностью запасов традиционных невозобновляемых источников энергии (НИЭ), которых, по оптимистическим прогнозам, хватит в среднем лишь до конца XXI века. Именно НИЭ выступают сейчас главным энергоресурсом для приводов насосов. При этом человечество просто вынуждено будет в скором будущем все больше переходить к использованию возобновляемых источников энергии (ВИЭ) и, соответственно, гармонизировать свои энергозатраты с доступным к потреблению количеством данных энергетических ресурсов [18]. Начало этого перехода и направленность на всё большее освоение ВИЭ (прежде всего энергии Солнца), по сути, и является одной из основ перехода к VI технологическому укладу и постиндустриальному обществу. В связи с этим уже сегодня можно предположить грядущую в отдаленном пока будущем кардинальную и

неизбежную трансформацию всех сфер бытия человеческого общества и прежде всего промышленности. Эту трансформацию можно характеризовать массовым отказом от использования технических систем, работающих на принципах, сформулированных в предыдущих технологических укладах и так или иначе потребляющих ВИЭ. На наш взгляд, осознание данного факта требует от нас уже сегодня смелых комплексных междисциплинарных поисков новых концепций и принципов работы для технических систем будущего. Особенно это касается систем, позволяющих транспортировать жидкости и в первую очередь воду как важнейшего жизненного ресурса человека. Отметим, что в подобных системах человек нуждается и будет нуждаться всегда и всюду.

При этом, конечно, невозможно, хотя бы кратко, не обратить внимание на основную проблему, сдерживающую на сегодняшний день развитие и внедрение систем, так или иначе использующих ВИЭ. В отличие от невозобновляемых, данные источники имеют существенно (иногда на порядки) меньшую плотность потока потенциально высвобождаемой из них полезной энергии [19]. То есть, энергию ВИЭ необходимо перед использованием концентрировать (и, соответственно, аккумулировать), что, естественно связано с дополнительными (порой значительными) техническими трудностями. Однако, еще раз подчеркнём, что объективная реальность бытия человечества на планете Земля не оставляет нам иного пути, как в целом поиск принципиально новых подходов к организации жизненного цикла тех или иных видов технических систем.

Исходя из очерченной выше диалектики перспектив насосного оборудования, далее будут намечены идеи для возможной реализации, прежде всего, на «ближнюю» перспективу – применения принципов в целом связанных со снижением удельной быстроходности, то есть способов, способных интенсифицировать передачу энергии от соответствующей технической системы к жидкости.

Реализация «дальней» перспективы связана, по нашему мнению, прежде всего с исследованием возможностей реализации передачи энергии жидкости на микроуровне. При этом полноценное понимание потенциала «дальней» перспективы требует глубоко и всестороннего изучения микроструктуры самой перекачиваемой жидкости, прежде всего, воды, а также перспектив непосредственного взаимопреобразования различных видов энергии [20], что является задачей для дальнейшего исследования в рамках данной тематики.

В рамках исследования «ближней» перспективы отметим одну из основных сегодняшних проблем промышленности – большую энергоёмкость эксплуатации насосного оборудования. Так в различных отраслях насосы потребляют 25-60% от всей затрачиваемой энергии [21,22]. При этом почти  $\frac{3}{4}$  энергозатрат приходится на динамические насосы. В связи с этим Европарламент еще в 2005 году принял «Директиву по определению требований, предъявляемых к проектированию изделий, потребляющих энергию», предусматривающую сокращения общего потребления энергии в Европе к 2020 году на 20%, а на энергопотребления насосного оборудования – на 40 % [23,24]. В контексте перехода к VI технологическому укладу выполнение данной «Директивы...» видится как закономерный и, самое главное, неизбежный этап гармонизации энергопотребления, предполагающий, исходя из намеченных цифр, существенное изменение подходов в современной промышленности и насосостроении в частности.

Следует отметить, что до сих пор рассматривая данную энергетическую проблему на трех иерархических уровнях: «насос», «насосный агрегат» и «насосный агрегат в составе системы (сети)», совершенно не уделяется внимание возможности применения различных приводов насоса, отличного от электродвигателя [25]. Уже данный факт является явным противоречием относительно концепции перехода к постиндустриальному обществу. Таким образом, расширяя определённым образом рамки «Директивы...», необходимо говорить не только и даже, возможно, не столько о вопросе снижения и оптимизации потребления энергии насосным оборудованием, а о повышении эффективности всей системы (цепочки) преобразования и передачи энергии от первичного источника энергии к жидкости. При этом особое внимание, естественно, следует обращать на возможности прямого преобразования различных видов энергии друг в друга.

В общем виде уменьшение энергопотребления отдельно взятого насоса при обеспечении им заданных параметров напора и расхода достигается за счёт повышения его КПД. Многолетний опыт исследований, разработок и производства насосов ведущими компаниями мира обеспечивает сегодня достаточно высокие значения этого показателя в оптимальном режиме в зависимости от удельной быстроходности. Поэтому ожидать каких-то существенных прорывов и, следовательно, снижения энергопотребления, не приходится. Ориентировочно, резервы повышения КПД

центробежных насосов можно оценивать в 2-3% для насосов с удельной быстроходностью  $n_s = 300-100$ , 3-5% – для  $n_s = 100-70$  и на 5-10% для  $n_s = 60-30$  [26, 27]. Причём, как показывает анализ балансов энергии, резервы повышения общего КПД кроются не столько в уменьшении гидравлических потерь (хотя они, конечно, имеются, особенно для высоких  $n_s$ ), сколько в объёмных и механических потерях (что особенно характерно для  $n_s = 60-30$ ). Таким образом, можно говорить о том, что дальнейшее системное исследование путей повышения энергоэффективности центробежных насосов низкой и сверхнизкой удельной быстроходности также является актуальной задачей на «ближнюю» перспективу развития насосостроения в следующую технологическую эпоху.

В целом, рассматривая данный вопрос, отметим, что в настоящее время во многих отраслях промышленности возникла проблема повышения экономичности центробежных насосов, обеспечивающих рост напорности при относительно небольших подачах [28]. Решение подобных задач во многом следует искать в увеличении интенсивности энергопередачи в системе «рабочий орган насоса – перекачиваемая жидкость». Реализация данной идеи приведёт к возможности применения одноступенчатого центробежного насоса вместо многоступенчатого или существенного сокращения количества ступеней последнего. Таким образом, в рамках «ближней» перспективы актуальным также является вопрос поиска таких способов модернизации геометрических параметров лопастной решетки центробежной насосной ступени, которые привели бы к росту её интегральных характеристик – прежде всего напора и КПД. Отметим также, что кроме этого попутно будет решаться не менее актуальная задача снижения массо-габаритных параметров насосов.

Относительно перспектив центробежных насосов низких  $n_s$  можно отметить, что применение для решения вышеуказанных задач насосов поршневого, винтового, вихревого и т.п. или какого-нибудь другого типов либо нежелательно из соображений экономичности, либо вообще невозможно из-за определённых особенностей. Кроме того общеизвестно, что лопастные насосы обладают рядом преимуществ (массо-габаритными, эксплуатационными, надёжностными) по сравнению с граничащими с ними по области применения насосами других типов.

В практике насосо-, авиа-, кораблестроения известны осевые агрегаты с так называемой контрроторной лопастной решеткой. Под контрроторностью понимают принцип компоновки динамической лопастной машины, согласно которому два ротора с лопастными решетками и общей осью обращения приближены один к одному и вращаются в противоположных направлениях. При этом каждый ротор опирается на свои опоры и имеет отдельную систему подведения (или отвода) механической энергии.

Следует отметить, что применение подобных конструкций способно существенно интенсифицировать процесс энергопередачи от лопастной системы к жидкости или значительно увеличить осевую силу взаимодействия роторной части и движущейся через неё жидкости, что в свою очередь ведёт при снижении удельной быстроходности к перспективе роста напорности контрроторной ступени по сравнению с обычной на десятки процентов. При этом использование принципа контрроторности в целом и, особенно применительно к центробежным насосам в частности, на данный момент широкого распространения не получило, что связано с недостаточным проведением теоретического и экспериментального исследования особенностей рабочего процесса в таких лопастных системах, их преимуществ и недостатков, а также сложностями при конструировании и изготовлении. На данный момент это же можно сказать в целом и относительно других упомянутых способов.

Исходя из вышесказанного, основные направления решения очерченных проблем связаны с дальнейшим продолжением научных поисков для создания насосного оборудования с новыми принципами действия, в том числе и усложнения рабочего процесса гидромашины [29].

**Выводы.** На период ближайшего десятилетия выпадает момент смены сразу нескольких циклов общественного развития. Данные изменения связаны с поиском новой концепции, идеи развития, а также с переходом на принципиально иные технологические рельсы дальнейшей организации промышленного комплекса, которые связаны с пониманием и организацией различных процессов на микроуровне, и неизбежностью согласования энергетических проблем человечества с доступными, прежде всего возобновляемыми, источниками энергии.

В контексте особенностей перехода к VI технологическому укладу и постиндустриальному обществу рассматривая технические системы, осуществляющие передачу энергии жидкости (насосы), как одни из наиболее энергоёмких машин современности, выделили два диалектически связанных перспективных пути их развития (на «ближнюю» и «дальнюю» перспективы), нацеленных на интенсификацию передачи энергии жидкости в целом известными, но пока еще не нашедшими широкого применения способами, а также связанных с необходимостью исследования возможностей передачи энергии жидкости на микроуровне на основе анализа возможностей прямого преобразования различных видов энергии соответственно.

**Список использованных источников:**

1. Иванов В.В. Стратегия прорыва: технологии, образование, наука / В.В. Иванов, Г.Г. Малинецкий. – Москва : URSS-ЛЕНАНД, 2016. – 300 с.
2. Белл Д. Грядущее постиндустриальное общество. Опыт социального прогнозирования / Д. Белл – Москва : Академия, 1999
3. Иванов В.В. Инновационная парадигма XXI / В.В. Иванов – Москва : Наука, 2015
4. Иванов В.В. Стратегия прорыва: технологии, образование, наука / В.В. Иванов, Г.Г. Малинецкий. – Москва : URSS: ЛЕНАНД, 2016. – 300 с.
5. Математический энциклопедический словарь / гл. ред. Ю.В. Прохоров. – Москва : Сов. Энциклопедия, 1988. – 847 с.
6. Николис, Д. Динамика иерархических систем. Эволюционное представление / Дж. Николис. – Москва : Мир, 1989. – 488 с.
7. Малинецкий, Г.Г. Синергетика и прогнозы будущего наука / Г.Г. Малинецкий, С.П. Курдюмов, Капица, Москва : УРСС, 2003. – 288 с.
8. Лебедев, С.А. Методология научного познания: монография / С.А. Лебедев. – М.: Проспект. – 2017. – 256 с.
9. Иванов В.В. Перспективный ТУ: возможности, риски, угрозы // Экономические стратегии. 2013 №4, с.2-5.
10. Курдюмов, С. П. Законы эволюции и самоорганизации сложных систем. / С.П. Курдюмов, Е.Н. Князева – М.: Наука, 1994. – 236 с.
11. Панов, А. Д. Кризис планетарного цикла Универсальной истории // Вселенная, пространство, время. – 2004. – №2 (3) – с. 28-34.
12. Назаретян, А. П. Цивилизационные кризисы в контексте универсальной истории / А. П. Назаретян – Москва: ПЕР СЭ, 2001.
13. Дьяконов, И. М. Пути истории. От древнего человека до наших дней / И. М. Дьяконов – Москва : Восточная литература, 1995.
14. Капица, С. П. Феноменологическая теория роста населения Земли // Успехи физических наук, Т. 166, с. 63-80, 1996.
15. Вернадский, В. И. Научная мысль как планетное явление / В. И. Вернадский - Москва: Наука, 1991. - 271 с.
16. Спицнадель, В. Н. Основы системного анализа / В. Н. Спицнадель – Санкт-Петербург : Изд. Дом «Бизнес-пресса», 2000. – 321 с.
17. Михайлов, А. К. Лопастные насосы. Теория, расчет и конструирование. / А. К. Михайлов, В. В. Малюшенко. – Москва : Машиностроение, 1977. – 288 с.
18. Твайделл, Дж. Возобновляемые источники энергии / Дж. Твайделл, А. Уэйр. – Москва : Энергоатомиздат, 1990. – 392 с.
19. Бродянский, В. М. Эксергетический метод и его приложения / В. М. Бродянский, В. Фратшер, К. Михалек. – Москва : Энергоатомиздат, 1988. – 288 с.
20. Алексеев, Г. Н. Прогнозное ориентирование развития энергоустановок / Г. Н. Алексеев. – Москва : Наука, 1978. – 200 с.
21. СИНТ'09: материалы V международной конференции. – Воронеж: Научная книга, 2009. – 356 с.
22. Ecorump.ru'2009: Тезисы докладов международной научно-технической конференции. – М: Из-во РАПН, 2009 – 458 с.
23. Europump Variable Speed Pumping: guide to successful applications. – Brussels: Hydraulic Institute and Europump, 2004. – 172 p.
24. Pump Life Cycle Costs: A Guide to LCC Analysis for Pumping Systems. Executive Summary. // Hydraulic Institute and Europump. Published by Elsevier Ltd., 2005.
25. Ратушный, А. В. Пути уменьшения энергопотребления насосным оборудованием / И. А. Ковалев, А. В. Ратушный // Вісник Сумського державного університету. Серія Технічні науки. – 2010. – № 3, Т. 1. – с. 86-97.
26. Ржебаева, Н. К. Расчет и конструирование центробежных насосов: учеб. пос. / Н. К. Ржебаева, Э. Е. Ржебаев. – Сумы : СумГУ, 2009. – 220 с.
27. Ковалёв, И. А. Исследование путей повышения экономичности ступени центробежного насоса низкой быстроходности ( $n_s = 40$ ): автореферат... канд. техн. наук, спец.: 05.193- гидравлические машины / Ковалёв И. А. – Харьков : ХПИ им. В. И. Ленина, 1970. – 22 с.
28. Ратушный, О. В. Підвищення напірності ступеня відцентрового насоса шляхом удосконалення лопатевої гратки робочого колеса : автореферат... канд. техн. наук, спец.: 05.05.17 – гідравлічні машини та гідропневмо агрегати / Ратушний О. В. – Суми : СумДУ, 2015. – 20 с.
29. Евтушенко, А. А. Развитие теории рабочего процесса, практики конструирования и применения динамических насосов : монография / А. А. Евтушенко. – Сумы : СумГУ, 2013. – 515 с.

**Сведения о рецензентах**

**Ковалёв Игорь Александрович**, заведующий кафедрой Прикладной гидроаэромеханики Сумского государственного университета, к.т.н., профессор

**Бережной Александр Сергеевич**, ведущий инженер, АО «Технология», г. Сумы, к.т.н.

Стаття надійшла до редакції 08.12.2017