|  |
| --- |
| **УДК 44.01.11** |
|  | **O.A. Shumaieva, E.E. Korytchenkova***Donetsk National Technical University,**Donetsk, Donetsk People's Republic****Е.А. Шумаева,*** *к.гос.упр.,доц.,* ***Е.Е. Корытченкова***,*ГОУ ВПО «Донецкий национальный**технический университет»,* *Донецк, Донецкая Народная Республика* |
|  |  |
| PERSPEKTIVEN DER AUSNUTZUNG DER BRENNSTOFFZELLEN IM ENERGIKOMPLEX DER DONEZKER VOLKSREPUBLIK  |
|  |
| **PROSPECTS OF USE OF FUEL CELLS IN A POWER COMPLEX OF THE DONETSK PEOPLE’S REPUBLIC** |

*Аnnotation. Im vorliegenden Artikel ist das Problem der Nutzung der Energieanlage mit den Brennstoffzellen auf dem Territorium des Staats betrachtet. Unter Berücksichtigung der Nutzungserfahrung der Wasserstoffanlagen von anderen Ländern wird die Analyse der ökologischen Kennziffern und die Wirtschaftsberechnung für drei Varianten der Entwicklung durchgeführt. Das Ziel ist die Bewertung der Zweckmäßigkeit von der Nutzung solcher Technologien.*

*Schlüsselwörter: der Wasserstoff, die Brennstoffelementen, das Energiesystem, die Wirtschaftseffektivität, die ökologischen Kennziffern.*

*Abstract. In this article is considered the problem of use of power stations on the basis of fuel cells in the territory of the state. Taking into account experience of use of hydrogen installations by other countries the analysis of ecological indexes and economic calculation was made for three scenarios of development with the purpose to estimate expediency of use of such technologies.*

*Keywords: Hydrogen, fuel cells, power supply system, cost efficiency, ecological indexes.*

*Аннотация. В данной статье рассмотрена проблема использования энергоустановок на основе топливных элементов на территории государства. С учетом опыта использования водородных установок другими странами произведен анализ экологических показателей и экономический расчет для трех сценариев развития с целью оценить целесообразность использования таких технологий.*

*Ключевые слова: Водород, топливные элементы, энергосистема, экономическая эффективность, экологические показатели.*

**Die Problemstellung.** Hinter den lauten Neuheiten der letzten Jahre über riesigе Windräder, winzigе «sonnige Dachziegel», über den Akku Tesla, die unterirdische Aufbewahrung СО2 und andere Vorteile der Energiewende kommt schon das neue Gewitter aller traditionellen Lieferanten des Erdöles, des Gases und der Elektroenergie näher. Dieses Gewitter kann fern gehen und kann wie ein Platzregen die Keime der neuen Wirtschaft unterstützen. Im Artikel werden die Perspektiven der Entwicklung der Wasserstoffenergetik in Donezker Volksrepublik betrachtet.

**Analyse der letzten Forschungen und Veröffentlichungen.** Bei der Durchführung der Forschungen wurden die Entwürfe der berühmten Theoretiker und Praktiker verwendet, nämlich Jotam U. AvitalBhavana, Arik Johelis, Avner Rotschield und andere. Einschließlich wurde die Arbeit der Wissenschaftler aus der Universität Ben-Gurion in Negewe (BGU) gemeinsam mit den Experten des Israelischen technologischen Institutes analysiert, die neuen chemischen Mechanismus entwickelt haben, der mehr produktive Weise des Erhaltens des Wasserstoffbrennstoffes aus dem Wasser [1] schaffen lässt. Die Gruppe der Forscher hat die grundlegende chemische Reaktion erfolgreich durchgeführt, die in der sonnigen Umgebung verlief, die als fehlendes Glied für die effektive Elektroenergieerzeugung gilt. Dann wird der Prozess mehr natürlich verlaufen ohne die von Menschenhand geschaffenen Träger der Energie und der kostspieligen Komponenten als Katalysator zu fordern. Sowie wurde die Wirtschaftseinschätzung der Wasserstoffenergetik aufgrund der statistischen Daten durchgeführt, die in der Zeitschrift Forbеs [2] veröffentlicht wurden.

**Darlegung des Hauptmaterials**. Die «Energiewende» in der weltweiten Elektroenergetik hat zur stürmischen Entwicklung in 2000-2010 Jahren der erneuerbaren Energetik ausgelöst, vor allem der Sonnigen- und Winderzeugung. Der Wert dieser Technologien sinkt ständig (laut der Angaben Lazard in 2009–2016 Jahren wurden die Reduktionskosten der Elektroenergie von der Wind- und sonnigen Erzeugung in den USA am 70-80 % verringert). Der Markt wächst im schnellen Tempo (laut den Angaben IRENA wurde in 2016 in der Welt 71 GWtt der Solarkraftwerke auf der photovoltaik und 51 GWtt der Windkraftwerke eingeführt) – so nur für drei letzte Jahre wurde in der Welt mehr Leistungen der sonnigen und Winderzeugung eingeführt, als die vereinte Leistung aller Kraftwerke des Einheitlichen Energiesystems Russlands. Die jährlichen Investitionen in den Sektor bilden mehr als $250 Mrd. Die Wertrekorde der Solarenergetik in Dubai, Mexiko, Peru, Chile, Abu Dhabi, Saudi-Arabiens, der Windenergetik in Brasilien, Kanada, Deutschland, Indien, Mexiko und Marokko erzielen die Latte etwa in 1,7 Rubel für kWtt∙st (zum Vergleich: die Bewohner Moskaus und des Gebiets bezahlen Elektroenergie in den Häusern in zwei-drei Male größer). Nach den Prognosen der Internationalen energetischen Agentur, zum 2040 wird der Anteil der Elektroenergieerzeugung aus den Solar- und Windkraftwerken in der Welt von 13% bis zu 34% (in 2016 – 5%) bilden. Ersichtlich ist, dass in den Einzelregionen der Anteil dieser Energiequellen noch grösser wird.

So geht die Elektroenergetik auf die Quellen der Erzeugung immer mehr über, die von den Klimabedingungen und der Zeit der Tage abhängig sind. Der Einfluss der Schwingungen der Erzeugung auf die Solar- und Windkraftwerke (wenn der Wind zu blasen oder die Sonne zu leuchten aufhört) auf das Energiesystem, wenn ihr Anteil in der Region hoch ist, ist vergleichbar zum chaotischen Einschluss/Ausschaltung des großen Heizkraftwerks – mehrmals pro Tag. Außerdem produzieren manchmal Wärmekraftwerke viel mehr Elektroenergie, als es allen Konsumenten des Energiesystems notwendig ist, und dann wird der Wert der Elektroenergie "negativ" – solche Nachrichten kommen aus Deutschland, zum Beispiel, regelmäßig.

Mit solchen Schwingungen zurechtzukommen hat man gelernt, die Speicher der Energie schaffend, die sich in den Perioden des Überflusses der Energie aufladen und in den Perioden ihres Defizits entladen. Wenn im XX. Jahrhundert die Rolle solcher Speicher nur die hydroakkumulierenden Kraftwerke erfüllten, so entwickeln sich heutzutage die elektrochemischen Speicher, die bekannteste sind "frische" Projekte Tesla in Kalifornien und Australien. Navigant Research sagt die Erhöhung der jährlichen Einführung der Leistung der Speicher für erneubare Energiequelle (EEQ) etwa mit 2 GWtt in 2018 bis zu 24 GWtt in 2026 vorher – in 12 Male für acht Jahre. Der jährliche Erlös wird auf diesem Markt proportional bis zu $24 Mrd. zum 2026 wachsen.

Das wachsende Bedürfnis nach den Energiespeicher hat gezwungen, sich über den Wasserstoff zu erinnern: wenn es sich um die überschüssige und billige Elektroenergie von den sonnigen und Windkraftwerken geht, die frei von den Auswürfen СО2 ist, warum es in den Wasserstoff nicht umzuwandeln, um weiter als reiner Brennstoff für die Autos zu verwenden? Und es lässt sich auf den Kohlenwasserstoff als Rohstoff für die Wasserstoffsproduktion zu verzichten. Nach diesem Weg gehen viele innovativen Unternehmen in Europa und in der Welt. Britisch ITM Power nimmt am Projekt Hydrogen Mobility Europe (H2ME) teil, das der Ziel hat, das Netz aus 29 Tankwasserstoffstationen in 10 europäischen Ländern zum 2019 einzuführen, die 200 Autos auf den Brennstoffzellen und 125 Hybridlastkraftwagen bedienen werden. Schwedisch Nilsson Energy spezialisiert sich auf den vom Energiesystem isolierten Lösungen, in die die Solarenergie und Windenergie für das Erhalten und die Aufbewahrung des Wasserstoffes sowie die Nutzung für die Auftankung der Autos und der Energieversorgung der Gebäude verwendet wird.

Die stationäre Brennstoffzelle (fuel cells) – eine dynamisch entwickelnde Technologie, die Elektro- und Wärmeenergie aus dem Wasserstoff oder dem Erdgas unmittelbar auf Grundstück beim Haus oder im Keller des Hauses bekommen lässt. Der Auswurf unter Anwendung vom Wasserstoff nur ein – das reine Wasser. Die kompakten modularen Anlagen wie ein Kühlschrank sind absolut lautlos. Nach der Prognose Navigant Research, die Leistung der stationären Brennstoffzelle werden mit 500 Mwtt in 2018 bis zu 3000 MWtt in 2025 wachsen. Solche Anlagen werden mit EEQ, elektrolytischen Zellen, Energiespeichern kombiniert und die vollwertigen unabhängigen Quellen der Energieversorgung für Haushalt schaffen lassen. Die Reduktionskosten der Elektroenergie von den Brennstoffzellen auf dem Erdgas in den USA, nach der Schätzung Lazard ($106-167 für МWtt∙st) ist den Kennziffern atomar ($112-183 für МWtt∙st) und Kohlen- ($60-231 für МWtt∙st) Kraftwerke fast gleich. In Japan dank den großzügigen staatlichen Unterstützungen solcher Anlagen in 2014 wurde schon mehr als 120 000 aufgezählt, und die zweckbestimmten Bedeutungen – mehr 1 Mio. zum 2020 und mehr 5 Mio. zu 2030. Je nach der Verbilligung der Technologien (der Massencharakter der Produktion, die Standardisierung) und des Ausgangs auf Eigenrentabilität, plant die japanische Regierung, die Einführung der Wasserstoffbrennstoffelemente zu beginnen – es ist erwartet, dass es zum 2030 geschehen wird. Die Brennstoffzelle sind das wichtigste perspektivische Segment der Technologien der verteilten Energieressourcen, deren Potential in Russland, laut der neulichen Forschung des Energetischen Zentrums der Schule Skolkowo, ist genug für die Schließung nicht weniger als Hälfte Bedürfnisses nach den generierenden Leistungen bis zum 2035.

Japanische Gesellschaften besprechen mit "Rusgidro" ab 2013 die Möglichkeit der Bildung des Betriebs in russischem Ferne Osten für die Wasserstoffsproduktion nach der Technologie Power-to-gas, um weiter zu exportieren. Die Berechnung wird vor allem auf der Nutzung der billigen Elektroenergie von den Wasserkraftwerken gebaut. Nach der Entwicklung der Infrastruktur in dem Ferne Osten und der Verbilligung der Technologien der Elektrolyse und der Logistik des Wasserstoffes, wird das Interesse für solche Projekte mehr wachsen.

Laut verschiedener Einschätzungen, bilden die globalen Investitionen in die Wasserstoffenergetik ungefähr 0,85-1,4 Mrd. pro Jahr. Das Konsortium Hydrogen Council plant, $13 Mrd. im Laufe von fünf Jahren in die Netze der Wasserstofftankstellen und die Wasserstoffautos zu investieren. Laut Angaben des Departements der Energetik der USA, gibt der Sektor der Brennstoffzelle schon die Arbeit den 16 000 Bürgern (Wachstumsperspektiven – bis zu 200 000), und die Finanzunterstützung vom Staatshaushalt der USA bildet neben $100 Mio. pro Jahr. Viele Unternehmen, wissenschaftlichen Zentren und der Universitäten arbeiten weltweit an der Verringerung des Wertes der Wasserstofftechnologien.

Das Defizit der Elektrische- und Wärmeenergie berührt die Herstellung in erster Linie. Die existierenden Leistungen kommen schon heute mit den wachsenden Bedürfnissen einiger Unternehmen nicht zurecht. In diesem Sinn sind die Energieanlagen mit den Brennstoffzellen außer der Konkurrenz. Ihr Wirkungsgrad kann nach der Elektrizität 70% (kombinierte hochtemperatur Energieanlage) erreichen, und die Anzahl der schädlichen Auswürfe ist ziemlich niedriger, als bei Energieanlagen des mechanischen Typs. Das ist eben als Triebkraft der intensiven Entwicklung der Wasserstoffenergetik in die letzten Jahre in der ganzen Welt. Also, die Hauptvorteile der Energieanlage mit Brennstoffzellen nach den Wirtschafts- und Konsumeigenschaften sind:

- die wesentlich niedrigere Auswürfe der schädlichen Stoffe in die Umwelt;

- die wesentlich niedrigeren Kennziffern des Niveaus des Lärms und der Vibration;

- die wirksame Nutzung des Brennstoffes und hoher Wirkungsgrad;

- die niedrigen Kosten für den Betrieb (der Ersatz des Öls, die Anwesenheit des Operators wird nicht gefordert);

- fließendе Voltamperecharakteristik, die hohe Manövrierfähigkeit und die Effektivität im ganzen Umfang der Belastungen.

Die Experten sehen den Weg der Überwindung der Energiekrise in der Entwicklung der kleinen verteilten Energetik (KVE). Das Problem wird nicht so aktuell, wenn der Teil der Infrastruktur der Bezirke und die einzelnen Unternehmen mit autonomen Energieanlagen, kleinen Kraftwerken mit der Leistung von 0,1 bis zu 50 МWtt gewährleisten. Die dezentralisierten Formen der Energieversorgung der Siedlungen und kleiner Städte, wie der Bestandteil von KVE, die ganz reale Perspektive unter den Bedingungen der spruchreifen Energiekrise und der Bürge des Schutzes vor den Störungen im zentralisierten Stromnetz.

Abb. 1 Ökologische Angaben der Wasserstoffanlage

Auch für die Lösung der Führungsaufgaben der innovativen Entwicklung dieses Projektes wurde so genannte Drehbuchplanung verwendet – eines der stärksten Instrumente, das die strategische Führung der territorialen Entwicklung auf das höhere Niveau unter den Bedingungen der modernen, schnell ändernden Welt zu heben lässt. Es wurde die Kosten auf die Herstellung des gegebenen Projektes und die spezifische Investitionen aufgrund drei Wege der Entwicklung berechnet: pessimistisch, einer reale und optimistisch.

Der reale Weg wurde unter den momentanen Bedingungen des Bedarfs (Tabelle 1) berechnet.

In den Tabellen sind die momentane Kennziffern des betrachteten Systems der Elektrizitätsversorgung im Vergleich mit anderen Typen der Wasserstoffanlagen (Elektrolyseapparat und den Wasserstoffakkumulator) unter Berücksichtigung der wesentlichen Verkleinerung für die letzten 1,5-2 Jahre der Preise für die Brennstoffelemente und ihre mögliche Veränderung in der Zukunft, etwa zum 2025 (vorhersagende Kennziffern) aufgeführt:

Таbelle 1

Spezifische Investitionen, Kosten und Wirkungsgrad von verschiedenen Typen der Brennstoffzellanlagen für realen Weg

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Anlage | Spezifische Investitionen, rub./kWtt | Kosten, rub. | Wirkungs-grad | Verfügbarkeit |
| Elektrolytische Zelle | 195794 | 9789 | 75 | 10 |
| Brennstoffzelle | 228374 | 4567 | 45 | 10 |
| Wasserstoffakku | 1631 | 32 | 95 | 20 |

Der pessimistische Weg berücksichtigt kleinen Bedarf (Tabelle 2), was sich und auf den Wert der notwendigen Ausrüstung auswirkt.

Тabelle 2

Spezifische Investitionen, Kosten und Wirkungsgrad von verschiedenen Typen der Brennstoffzellanlagen für pessimistischen Weg

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Anlage | Spezifische Investitionen, rub./kWtt | Kosten, rub. | Wirkungs-grad | Verfügbarkeit |
| Elektrolytische Zelle | 234953 | 11747 | 75 | 10 |
| Brennstoffzelle | 274049 | 5480 | 45 | 10 |
| Wasserstoffakku | 1957 | 38 | 95 | 20 |

Seinerseits wird im optimistischen Weg die heftige Größe der Nachfrage nach der Ausnutzung der Energieanlagen mit Brennstoffzellen verstanden und der Preis der Ausrüstung für die Bildung des Projektes wesentlich verringert (Tabelle 3).

Тabelle 3

Spezifische Investitionen, Kosten und Wirkungsgrad von verschiedenen Typen der Brennstoffzellanlagen für optimistischen Weg

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Anlage | Spezifische Investitionen, rub./kWtt | Kosten, rub. | Wirkungs-grad | Verfügbarkeit |
| Elektrolytische Zelle | 156635 | 7831 | 80 | 10 |
| Brennstoffzelle | 182699 | 3654 | 50 | 20 |
| Wasserstoffakku | 1305 | 26 | 95 | 20 |

**Schlussfolgerung.** Aufgrund der durchgeführten Analyse kann man feststellen, dass die Energieanlagen mit den Brennstoffzellen die breiteste Anwendung in den verschiedenen Wirtschaftszweigen von Republik finden werden.

Wie die Analyse zeigt, ist der einheimische Markt von Energieanlagen mit den Brennstoffzellen fast unerschöpflich und seine erwartete Kapazität bildet heute die Dutzende von Milliarden Euro. Jedoch ist die reale Füllung des Marktes von der modernen hocheffektiven innovativen einheimischen Produktion möglich nur bei der aktiven Unterstützung der Hersteller der Wasserstoffenergetikerzeugnisse und der Brennstoffzelle wie von dem Staat, als auch von den privaten Sponsoren schon auf dem Stadium der Forschungen. Andernfalls, wird der Markt der Energieanlagen mit Brennstoffzellen von den ausländischen Lieferanten in allernächster Zukunft "errungen sein".

Nach der Meinung der Ökonomen ist die Eintragung der entsprechenden Änderungen in die Gesetzgebung des Landes notwendig für die Stimulierung der Entwicklung von der Wasserstoffenergetik und den Energieanlagen mit Brennstoffzellen, der Stimulierung der nichtstaatlichen Unternehmen zur Investition ins angegebene Gebiet.

|  |
| --- |
|  |
| **Literaturliste** |
|  | Nature [Электронный ресурс] – Zugriffsart: https://www.nature.com/articles/s41467-018-06141-0 |
|  | Forbes [Электронный ресурс] – Zugriffsart: https://www.forbes.ru/biznes/358673-vodorodnaya-ekonomika-razrushit-li-novoe-toplivo-iskopaemuyu-civilizaciyu |