

УДК 620.98+658.26:622.692.4

*Т.Г. Шмаков, e-mail: shmakov\_timur@mail.ru*

<sup>1</sup> Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный университет нефти и газа (Национальный исследовательский университет) имени И.М. Губкина» (Москва, Россия).

## Создание энергонезависимого линейного узла запорной арматуры магистрального нефтепровода, проходящего в районе децентрализованного электроснабжения

В статье представлено одно из решений проблемы энергообеспечения и организации системы телемеханики и связи технологических объектов, расположенных в труднодоступных районах, в зоне децентрализованного энергоснабжения, где прокладка кабельных линий невозможна технически или требует значительных временных и денежных затрат. В частности, на примере линейного участка 0–153 км трассы трубопроводной системы «Заполярье – Пурпе – Самотлор» автором рассмотрена возможность создания автономного технологического звена. Предложено сооружение беспроводного участка линейной части магистрального нефтепровода за счет внедрения системы альтернативного энергоснабжения вдольтрассовых потребителей магистрального нефтепровода с помощью бестопливных технологий генерации электроэнергии. Приведена схема комбинированного энергокомплекса, использующего различные источники энергообеспечения, в том числе ветрогенераторы и солнечные фотоэлектрические модули. При этом для резервного электроснабжения предложено использовать блок аккумуляторных батарей и дизель-генератор. Проанализирован энергетический потенциал ветровой и солнечной энергии территории, по которой проходит участок исследуемого магистрального нефтепровода. Предложена схема организации беспроводной системы диспетчерского контроля и управления технологическими объектами линейной части магистрального нефтепровода посредством создания системы радиорелейной линии связи прямой видимости с двумя радиоканалами (основным и резервным) и дополнительным резервированием от существующей цифровой системы глобальной связи, развернутой на базе низкоорбитальных спутников.

**Ключевые слова:** вдольтрассовый потребитель, электроснабжение, автономное электроснабжение, возобновляемый источник энергии, ветроэнергетическая установка, ветросолнечная электростанция.

.....

*T.G. Shmakov, e-mail: shmakov\_timur@mail.ru*

<sup>1</sup> Federal State Autonomous Educational Institution for Higher Education “Gubkin Russian State University of Oil and Gas (National Research University)” (Moscow, Russia).

## Establishment of an Energy-Independent Block Valve Station of the Main Oil Pipeline, Located in the Decentralized Power Supply Area

The article reviews one of the solutions to the challenging issue – energy supply and the organization of telemetry and communication system of process facilities located in remote areas, often in the zone of decentralized power supply, where the cable laying is impossible or requires time and money. The author considers the possibility of creating a wireless self-contained block valve unit through the example of the linear section from 0 to 153 km of the “Zapolyarye – Purpe – Samotlor” pipeline’s transportation system (the Yamalo-Nenets Autonomous District, Russia), what is proposed to be implemented with energy from fuel-free technologies for generating electricity. The author has developed a scheme of the combined power complex using various sources of energy supply. It is proposed to use wind-driven power plants and solar photovoltaic modules as the main energy source, and a rechargeable battery pack and a diesel generator set for back-up power supply. The energy potentials of wind and solar radiation of the territory where the main pipeline is passes was statistically analyzed. Also, the paper discusses the organization of a wireless telemetry and communications system of the main oil pipeline. It is proposed to carry out by creating a line-of-sight radio relay link system with two radio links (primary and backup) and auxiliary duplication from the existing digital global communication system deployed on the basis of low-orbit satellites.

**Keywords:** pipeline route energy consumer, power supply, self-contained supply, renewable energy source, wind-driven power plant, hybrid solar-wind power station.

Энергоснабжение линейных потребителей магистрального нефтепровода осуществляется, как правило, от вдоль-трассовой линии электропередачи напряжением 6 (10) кВ, прокладываемой вдоль нефтепровода и запитанной от распределительных устройств двух соседних нефтеперекачивающих станций (НПС) или от сторонних источников питания (сетей региональных энергетических компаний), расположенных в районе вдольтрассового потребителя (рис. 1). Протяженность воздушной линии электропередачи (ВЛ) в большинстве случаев равна протяженности трубопроводов и может составлять как десятки, так и сотни километров. В состав линейного узла магистрального нефтепровода входят:

- участок трубопровода с установленной на нем запорной арматурой, датчиками технологических параметров;
- блок-бокс пункта контроля и управления с устройствами телемеханики и низковольтными устройствами;
- система энергоснабжения в виде вдольтрассовой ВЛ;
- система магистральной связи в виде кабельного, радиорелейного или иных каналов, установка электрохимической защиты (ЭХЗ).

Основными потребителями электроэнергии на линейном узле являются установка ЭХЗ, система телемеханики и оборудование связи.

Строительство и эксплуатация подобной инфраструктуры в районах, отрезанных от централизованного энергоснабжения, зачастую расположенных в суровых климатических условиях, сопряжены с целым рядом сложностей. Помимо значительных финансовых вложений, строительство линии электропередачи, как и любое другое заметное вмешательство в практически нетронутые природно-экологические комплексы, неизбежно ведет к их ослаблению и последующей деградации. К тому же подобные регионы характеризуются низкой плотностью энергетической нагрузки, часто испытывают острый

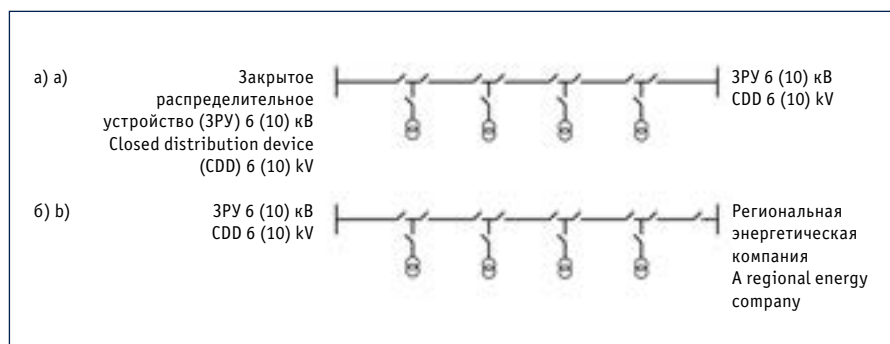


Рис. 1. Схема электроснабжения электроприемников линейной части магистрального нефтепровода: а) схема питания одноцепной воздушной линии электропередачи от соседних нефтеперекачивающих станций; б) схема питания одноцепной воздушной линии электропередачи от нефтеперекачивающей станции и стороннего источника [1]

Fig. 1. The power-supply diagram of linear oil-trunk pipeline collectors: a) feed circuit of the electricity transmission single-circuit air-line from neighbor oil-transfer stations; b) feed circuit of the electricity transmission single-circuit air-line from an oil-transfer station and off-site source [1]

дефицит электроэнергии и вынуждены осуществлять ее выработку за счет дорогостоящих нефтепродуктов.

По мнению автора данной статьи, наиболее целесообразным вариантом электроснабжения инфраструктуры линейной части магистрального нефтепровода в районе децентрализованного энергоснабжения является питание от автономных генераторов на базе возобновляемых источников энергии (ВИЭ). Однако источники на базе ВИЭ не в состоянии стабильно обеспечивать энергопотребителя электроэнергией, поскольку зависят от природных факторов. Поэтому для повышения надежности и энергоэффективности при использовании ВИЭ предлагается использовать комбинированные схемы энергоснабжения, в которых совместно с ВИЭ (к примеру, ветросолнечной электростанцией малой мощности с резервным блоком аккумуляторных батарей) работает автоматизированная маломощная дизель-электростанция. Сочетание использования энергии ветра, солнца и органического топлива позволит в течение календарного года обеспечить линейных потребителей электроэнергией при любых погодных условиях. Кроме того, при использовании комбинированной схемы энер-

госнабжения отпадает необходимость в строительстве протяженных высоковольтных электрических сетей, так как ветросолнечные электростанции малой мощности размещаются в непосредственной близости от электроприемников на единой либо смежной площадке, а дизельная электростанция, как и аккумуляторы, устанавливается в блок-боксе пункта контроля и управления запорной арматурой.

#### ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ КОМБИНИРОВАННЫХ СХЕМ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ НА ТЕРРИТОРИИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ НА ПРИМЕРЕ УЧАСТКА НЕФТЕПРОВОДА «ЗАПОЛЯРЬЕ – ПУРПЕ»

Среднегодовая скорость ветра в большинстве регионов России не превышает 5 м/с. Зоны с наибольшим ветроэнергетическим потенциалом расположены в основном на побережье и островах Северного Ледовитого океана от Кольского п-ва до Камчатки. Около 30 % экономического потенциала ветроэнергетики сосредоточено на Дальнем Востоке, 14 % – в Северном районе, около 16 % – в Западной и Восточной Сибири [2]. Уровень солнечной радиации на территории РФ неоднороден и варьирует от 810 кВт·ч/м<sup>2</sup> в год в отдаленных се-

Ссылка для цитирования (for citation):

Шмаков Т.Г. Создание энергонезависимого линейного узла запорной арматуры магистрального нефтепровода, проходящего в районе децентрализованного электроснабжения // Территория «НЕФТЕГАЗ». 2018. № 12. С. 90–96.

Shmakov T.G. Establishment of an Energy-Independent Block Valve Station of the Main Oil Pipeline, Located in the Decentralized Power Supply Area. Territorija "NEFTEGAS" = Oil and Gas Territory, 2018, No. 12, P. 90–96. (In Russian)



Рис. 2. Карта районов ветровой активности на территории России [3]  
 Fig. 2. Region Map of Wind Activity in the Territory of Russia [3]



Рис. 3. Карта районов солнечной активности на территории России [4]  
 Fig. 3. Region Map of Solar Activity in the Territory of Russia [4]

верных районах до  $1400 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$  в год в южных районах. К примеру, на широте  $55^\circ$  уровень солнечной радиации составляет в январе  $1,69 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$ , в июле –  $11,41 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$  в день [2].

Условные зоны ветровой и солнечной активности приведены на рис. 1 и 2.

Рассмотрим перспективу использования гибридной ветросолнечной электростанции для энергоснабжения узла линейной запорной арматуры магистрального нефтепровода на примере участка магистрального нефтепровода «Заполярье – Пурпе», проложенного

в Ямало-Ненецком автономном округе, от головной нефтеперекачивающей станции (ГНПС) 1 «Заполярье» (0 км) до промежуточной НПС-2 «Ямал» (153 км). Географические координаты объектов:

- ГНПС-1 «Заполярье» – широта  $67^\circ 48' 54.7''$ , долгота  $80^\circ 02' 07.2''$ ;



Таблица 1. Средняя месячная и годовая скорость ветра [5]

Table 1. Average monthly and annual wind speeds [5]

Метеостанция Meteorological station	Высота флюгера, м Wind spinner height, m	Средняя скорость ветра, м/с Average wind speed, m/s												Среднегодовой показатель Annual average value
		Январь January	Февраль February	Март March	Апрель April	Май May	Июнь June	Июль July	Август August	Сентябрь September	Октябрь October	Ноябрь November	Декабрь December	
Тазовское Tazovskoye	6,0	6,8	6,4	6,8	6,8	6,7	6,0	5,4	5,2	5,4	6,2	6,4	6,7	6,2

Таблица 2. Вероятность скорости ветра по градациям на метеорологической станции «Тазовское» [5]

Table 2. Wind speed expectancy by scalar at the meteorological station "Tazovskoye" [5]

Скорость ветра, м/с Wind speed, meters per second	Вероятность скорости ветра, % Wind speed expectancy, %												Среднегодовой показатель Annual average value
	Январь January	Февраль February	Март March	Апрель April	Май May	Июнь June	Июль July	Август August	Сентябрь September	Октябрь October	Ноябрь November	Декабрь December	
0–1	7,89	9,97	7,9	6,2	5,24	6,11	7,8	7,59	6,95	6,17	7,96	7,91	7,31
2–3	21,39	24,88	22,95	20,38	21,21	25,02	26,08	29,8	26,6	21,96	22,5	19,54	23,53
4–5	28,31	25,95	28,09	28,71	32,46	31,05	33	33,96	33,89	32,54	29,14	26,55	30,30
6–7	17,32	15,43	17,3	17,52	17,18	17,9	15,99	15,54	16,6	17,12	15,76	16,99	16,72
8–9	9,91	9,32	10,37	10,65	9,95	9,12	8,48	6,89	7,79	9,17	9,27	11,14	9,34
10–11	7,62	7,06	7,34	7,88	7,43	6,4	5,59	4,04	4,77	7,01	7,9	8,57	6,80
12–13	3,69	3,36	3,17	4,42	3,19	2,17	2,02	1,37	2,13	3,08	4,1	4,68	3,12
14–15	1,79	2,11	1,46	2,28	1,77	1,3	0,51	0,5	0,73	1,49	1,75	2,46	1,51
16–17	1,21	1,12	0,87	1,1	0,92	0,68	0,33	0,19	0,46	0,79	0,99	1,42	0,84
18–20	0,66	0,65	0,38	0,7	0,54	0,2	0,18	0,11	0,07	0,54	0,53	0,65	0,43
21–24	0,13	0,15	0,14	0,15	0,11	0,04	0,02	0,01	0	0,14	0,08	0,1	0,09

- НПС-2 «Ямал» – широта 66°41'47.3", долгота 79°13'36.7".

Рассматриваемый участок трассы нефтепровода проходит в условиях заболоченной тундровой равнины, покрытой низкорослой растительностью, и многолетней мерзлоты. Почти весь участок нефтепровода проложен надземным способом на специальных опорах за исключением подводного перехода через пойму р. Таз, протяженность которого от задвижки до задвижки составляет почти 30 км (самый протяженный в системе подводный переход).

При моделировании суточной, сезонной и годовой изменчивости погодных условий обычно используют базу данных статистических характеристик местности, в которой проходит трасса нефтепровода. С помощью этих данных моделируют среднегодовую и среднемесячную розу ветров, изменчивость скорости ветра, распределение данной



Рис. 4. Схема участка (0–153 км) трубопроводной системы «Заполярье – Пурпе»  
Fig. 4. Scheme of the section (0–153 km) of the pipeline system "Zapolyarie – Purpe"

скорости по градациям, уровень солнечного излучения и т. д. Некоторые из показателей приведены в табл. 1–5, данные для которых получены на основе результатов многолетних наблюдений метеостанции «Тазовское», ближайшей к трассе нефтепровода (расстояние от метеостанции до ГНПС-1 «Заполярье» и НПС-2 «Ямал» составляет около 67,5 км

и 88,0 км соответственно), а также из электронной базы данных NASA. Основываясь на этих данных, можно провести предварительный анализ местности, в которой проложен трубопровод. Максимальная средняя скорость ветра в год наблюдается в январе-мае и достигает в летний период 6,2 м/с, с июня по сентябрь этот показатель равен примерно 4,7 м/с, а с октября по декабрь – около 5,4 м/с (табл. 1). Согласно данным табл. 2, вероятность скорости ветра более 4,0 м/с в течение года составляет 69,15 %. Данный параметр весьма важен, поскольку рабочий диапазон ветрогенератора мощностью 1 кВт лежит в диапазоне от 3,0 до 30,0–40,0 м/с. Судя по показателям солнечной инсоляции, наиболее эффективный период использования энергии солнца – с марта по сентябрь, так как продолжительность солнечного сияния в этот период максимальная в году и достигает пика в июне-июле.

Таблица 3. Средний ежемесячный и годовой уровень инсоляции на метеорологической станции «Тазовское» [5]

Table 3. Average monthly and annual insolation level at the meteorological station "Tazovskoye" [5]

Показатель Characteristic	Средний уровень инсоляции, кВт·ч/м <sup>2</sup> Average insolation level, kWh/m <sup>2</sup> /day												Итого за год Total in a year
	Январь January	Февраль February	Март March	Апрель April	Май May	Июнь June	Июль July	Август August	Сентябрь September	Октябрь October	Ноябрь November	Декабрь December	
Продолжительность инсоляции, ч Duration of insolation, hours	2	54	146	224	204	212	319	205	82	50	16	0	1514
Число дней без солнца Amount of sunless days	30	14	7	4	5	4	3	4	11	18	25	31	156

Таблица 4. Средняя месячная и годовая инсоляция [6]

Table 4. Average monthly and annual insolation [6]

Станция Station	Ежемесячный средний уровень инсоляции на горизонтальную поверхность, кВт·ч/м <sup>2</sup> в день Average monthly insolation level for a surface facing, kWh/m <sup>2</sup> /day												Среднегодовой показатель Annual average value
	Январь January	Февраль February	Март March	Апрель April	Май May	Июнь June	Июль July	Август August	Сентябрь September	Октябрь October	Ноябрь November	Декабрь December	
ГНПС-1 «Заполярье» Head oil pumping station 1 "Zapolyarie"	0,04	0,46	1,56	3,34	5,05	5,71	5,45	3,71	2,16	0,83	0,12	0	2,37
НПС-2 «Ямал» Oil pumping station 2 "Yamal"	0,06	0,55	1,7	3,46	4,96	5,51	5,31	3,64	2,04	0,89	0,17	0	2,36

Таблица 5. Средняя месячная и годовая скорости ветра на высоте 10 м в 2017 г. [7]

Table 5. Average monthly and annual wind speed at a height of 10 m in 2017 [7]

Станция Station	Средняя скорость ветра, м/с Average wind speed, m/s												Среднегодовой показатель Annual average value
	Январь January	Февраль February	Март March	Апрель April	Май May	Июнь June	Июль July	Август August	Сентябрь September	Октябрь October	Ноябрь November	Декабрь December	
ГНПС-1 «Заполярье» Head oil pumping station 1 "Zapolyarie"	6,23	5,74	5,95	5,92	5,96	4,31	4,2	4,31	4,4	4,82	4,97	5,13	5,16
НПС-2 «Ямал» Oil pumping station 2 "Yamal"	5,77	5,67	6,27	6,08	5,67	4,36	4,32	4,28	4,39	4,66	4,87	5,19	5,13

В качестве основного источника электроэнергии на каждом узле предлагается использовать ветрогенераторы и солнечные фотоэлектрические установки. Также в системе предусмотрено наличие резервных источников энергообеспечения, используемых в отсутствие поступления электроэнергии от ВИЭ – блока аккумуляторных батарей и дизель-генератора. При наличии ветра и/или солнечного света электроэнергия от возобновляемых источников расходуется на питание оборудования узла запорной арматуры и заряд блока аккумуляторов.

По достижении заданного напряжения на блоке аккумуляторов и при избытке электроэнергии (например, солнечным ветреным днем) для предупреждения выхода из строя блока аккумуляторов и оборудования контрольного пункта часть энергии утилизируется при помощи балластных шкафов. Аккумулятор при этом находится в полностью заряженном состоянии. С уменьшением скорости ветра/снижением уровня освещенности солнечных панелей автоматически осуществляется переход на питание от блока аккумуляторов.

В случае разряда аккумуляторов до критического уровня и при отсутствии (недостатке) электроэнергии от внешних источников включается дизель-электростанция. Система интеллектуального поддержания энергетического баланса без участия человека выбирает наиболее приемлемый в конкретной ситуации внешний источник электроэнергии и контролирует заряд аккумуляторного блока [7–9].

Структурная схема энергообеспечения автономной системы узла линейной телемеханики представлена на рис. 5.

Неотъемлемой составляющей работы автономного комплекса линейного узла запорной арматуры является обеспечение надежного функционирования системы телемеханики и связи. Как правило, регионы децентрализованного энергоснабжения располагаются в местности, где прокладка кабельных линий невозможна либо сопряжена с большими временными и денежными затратами, поэтому предпочтение отдается строительству радиорелейных линий связи прямой видимости. Прием/передача информации от линейных пунктов контроля и управления (ПКУ) до сервера единой системы управления НПС организуется по основному (Radio Ethernet) и резервному радиоканалам. К радиоканалу подключаются базовые радиостанции (БС) линейной телемеханики. На одной площадке с ПКУ размещают абонентские радиостанции (АС), к которым подключены контроллеры для сбора и передачи сигналов телесигнализации и приема сигналов телеуправления. В случае перекрытия прямого профиля от БС до АС канал связи организуется транзитом от

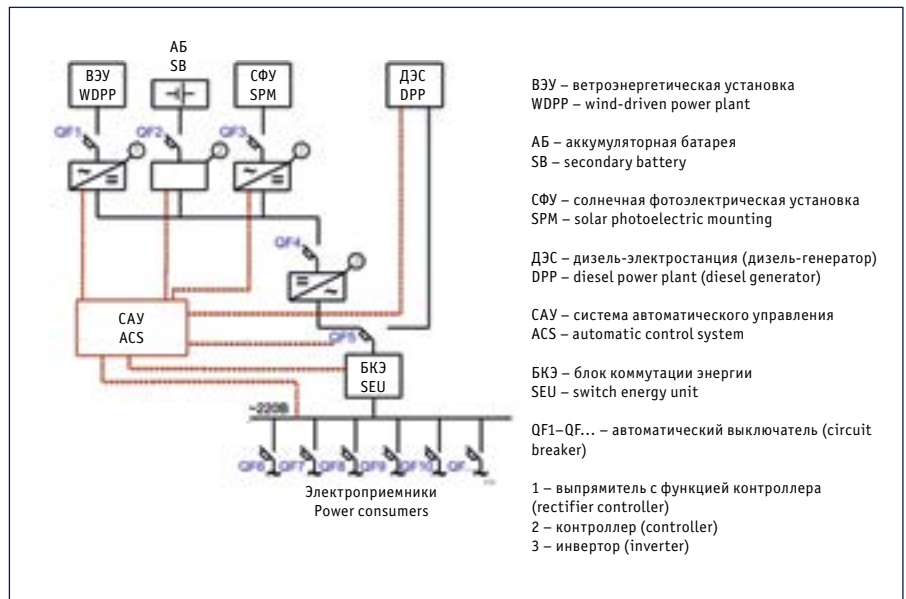


Рис. 5. Структурная схема комбинированной системы электроснабжения вдольтрассового потребителя

Fig. 5. The block diagram of the combined power-supply system of an along-the line-customer

ближайшего линейного объекта в зоне прямой видимости [10]. Дополнительное резервирование каналов системы диспетчерского контроля и управления предусматривается путем использо-

вания цифровой системы глобальной связи, развернутой на базе низкоорбитальной спутниковой группировки – GlobalStar. При сбоях в работе основного канала связи система передачи

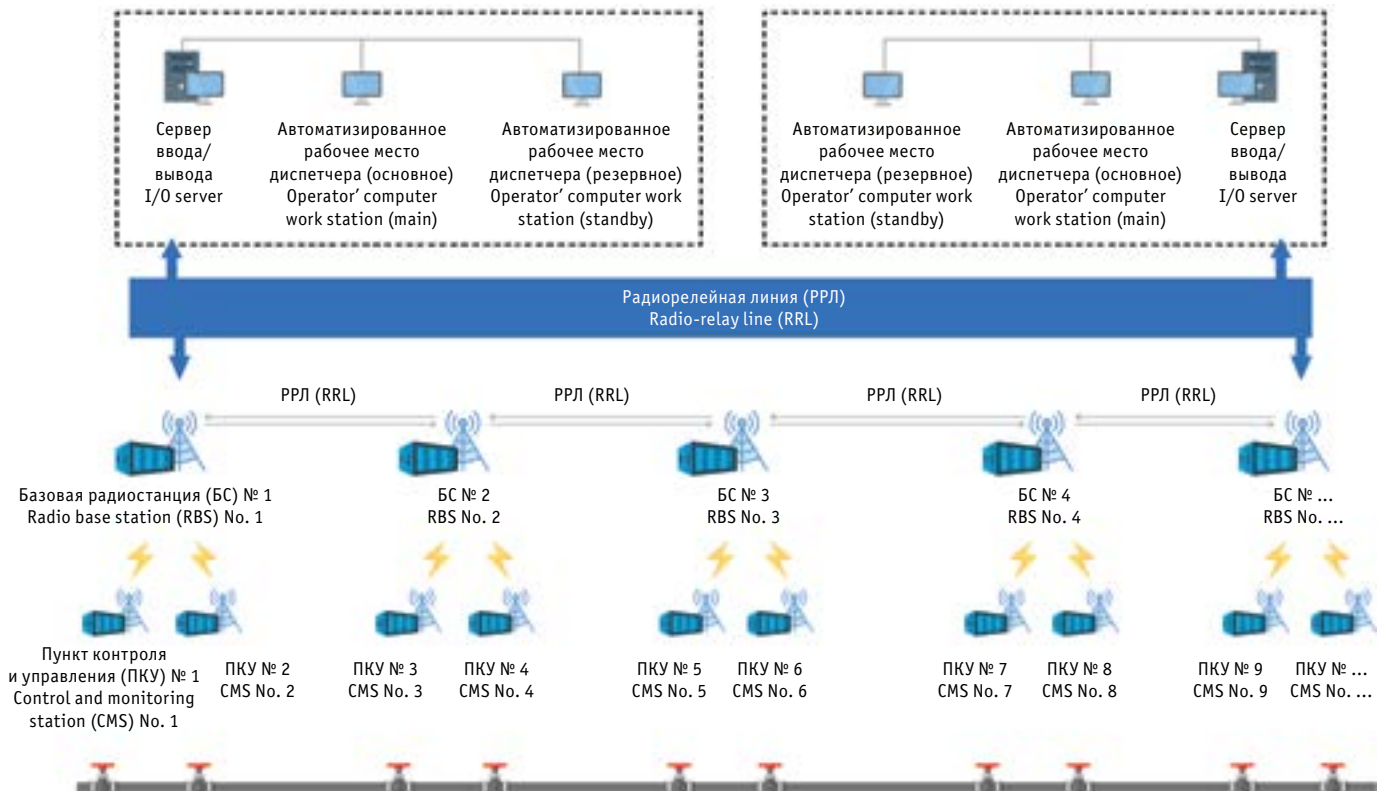


Рис. 6. Структурная схема работы системы линейной телемеханики магистрального нефтепровода по цифровому интерфейсу

Fig. 6. The linear telemechanics flowchart of an oil-trunk pipeline by digital interface

данных автоматически переключится на дублирующий канал спутниковой связи и будет функционировать в резервном режиме до восстановления нормальной работы поврежденного участка.

## ВЫВОДЫ

Ветросолнечные электростанции имеют хорошую техническую перспективу использования преимущественно в тех районах, где достаточно высок потенциал энергии ветра и солнца для выработки электроэнергии. Предварительный анализ метеорологических данных местности, где проходит участок магистрального нефтепровода

«Заполярье – Пурпе» (от 0 до 153 км), показал, что данный регион обладает такими энергетическими потенциалами, однако необходимо более детальное изучение территории с моделированием суточной, сезонной и годовой климатической изменчивости с геолокационной привязкой к конкретным линейным задвижкам.

Автором статьи предложена удовлетворяющая требованиям нормативной документации субъекта естественной монополии ПАО «Транснефть» структура энергообеспечения вдольтрассовых электроприемников, а именно линейные задвижки, которые должны быть обеспечены

питанием минимум от двух независимых источников [11]. Внедрение предложенной структуры энергообеспечения позволит, по расчетам автора, сократить затраты на капитальное строительство и ремонт инфраструктуры линейной части за счет отсутствия необходимости в прокладывании/обслуживании линий электропередачи, повысит экологическую безопасность производства. Кроме того, внедрение беспроводных каналов системы диспетчерского контроля и управления и использование ВИЭ обеспечит полную автономность линейного узла запорной арматуры.

## Литература:

1. РД 13.02-40.10.50-KTN-003-1-03. Положение по эксплуатации, техническому обслуживанию и ремонту вдольтрассовых высоковольтных линий электропередачи и средств электрохимической защиты. М.: ОАО «АК «Транснефть», 2003. 148 с.
2. Туровин О.А., Огнев Е.Н., Кочнев А.Е. Применимость ветросолнечной энергетики в качестве альтернативного источника электроснабжения нефтяных объектов компании // PRONEFT. Профессионально о нефти. 2017. № 2 (4). С. 69–74.
3. Карта районов ветровой активности на территории России [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://nipom.ru/uploads/%D0%9D%D0%BE%D0%B2%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%B8/2018/june/ris30.jpg> (дата обращения: 06.12.2018).
4. Карта районов солнечной активности на территории России [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://nipom.ru/uploads/%D0%9D%D0%BE%D0%B2%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%B8/2018/june/ris22.jpg> (дата обращения: 06.12.2018).
5. Научно-прикладной справочник по климату СССР. Вып. 17. Омская и Тюменская области. СПб.: Гидрометеоздат, 1998. 703 с.
6. Power Data Access Viewer [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/> (дата обращения: 06.12.2018).
7. Шмаков Т.Г. Перспектива использования ветро-дизельной электростанции на головной нефтеперекачивающей станции «Заполярье» // Трубопроводный транспорт. Теория и практика. 2018. № 2 (66). С. 22–25.
8. Фридман А.М., Минигулов Р.М., Грибанов Г.Б. и др. Использование энергии ветра и солнца в условиях Крайнего Севера // Экология производства. 2011. № 4. С. 79–83.
9. Минигулов Р.М., Грибанов Г.Б., Степанов А.Р. и др. Инновационные решения в создании информационно-управляющей системы линейной телемеханики конденсатопровода «Юрхаровское месторождение – Пуровский ЗПК» // Сфера нефтегаз. 2011. № 3. С. 36–38.
10. Быховский М.А., Кирик Ю.М., Носов В.И. и др. Основы проектирования цифровых радиорелейных линий связи: Учебное пособие для вузов. М.: Горячая линия – Телеком, 2014. 332 с.
11. РД 153-39.4-113-01. Нормы технологического проектирования магистральных нефтепроводов [Электронный источник]. Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200032108> (дата обращения: 06.12.2018).

## References:

1. Guiding Document (RD) 13.02-40.10.50-KTN-003-1-03. Operation, Maintenance and Repair Regulations of High-Voltage Power Lines and Pipeline Electrochemical Protection. Moscow, Oil Transporting JSC Transneft, 2003, 148 p. (In Russian)
2. Turovin O.A., Ognev E.N., Kochnev A.E. Application of Wind and Solar Energy as an Alternative Source for Power Supply of Company's Oilfield Facilities. PRONEFT. Professional'no o nefti = PRONEFT. Professionals about Oil, 2017, No. 2 (4), P. 69–74. (In Russian)
3. Region Map of Wind Activity in the Territory of Russia [Electronic source]. Access mode: <http://nipom.ru/uploads/%D0%9D%D0%BE%D0%B2%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%B8/2018/june/ris30.jpg> (access date – December 6, 2018). (In Russian)
4. Region Map of Solar Activity in the Territory of Russia [Electronic source]. Access mode: <http://nipom.ru/uploads/%D0%9D%D0%BE%D0%B2%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%B8/2018/june/ris22.jpg> (access date – December 6, 2018). (In Russian)
5. Applied Scientific Climatic Handbook of the USSR. Issue 17. Omsk and Tyumen Regions. Saint-Petersburg, Gidrometeoizdat [Hydrometeorological Publishing House], 1998, 703 p. (In Russian)
6. Power Data Access Viewer [Electronic source]. Access mode: <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/> (access date – December 6, 2018).
7. Shmakov T.G. The Outlook of Using a Wind-Diesel Power Plant in Power Generation of the Head Oil Pumping Station “Zapolyarie”. Truboprovodnyi transport: teoriya i praktika = Pipeline Transport: Theory and Practice, 2018, No. 2 (66), P. 22–25. (In Russian)
8. Fridman A.M., Minigulov R.M., Griбанov G.B., et al. Wind and Solar Energy Use in the Far North. Ekologiya proizvodstva = Industrial Ecology, 2011, No. 4, P. 79–83. (In Russian)
9. Minigulov R.M., Griбанov G.B., Stepanov A.R., et al. Innovative Solutions in the Creation of Management Information System of Linear Telemechanics of Condensate Pipeline “Yurkharovskoye field – Purovsky Condensate Processing Plant”. Sfera neftegaz = Oil and Gas Sphere, 2011, No. 3, P. 36–38. (In Russian)
10. Bykhovskiy M.A., Kirik Yu.M., Nosov V.I., et al. Fundamentals of the Design of Radio Relay Communication Line. Moscow, Goryachaya Liniya [Hotline] – Telecom, 2014, 332 p. (In Russian)
11. Guiding Document (RD) 153-39.4-113-01. Main Oil Pipeline Technological Design Standards [Electronic source]. Access mode: <http://docs.cntd.ru/document/1200032108> (access date – December 6, 2018) (In Russian)