

ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ В АПК /  
ECONOMY AND ORGANIZATION OF AGRICULTURAL ENGINEERING SYSTEMS  
УДК 631.371:621.31.003.12  
DOI: 10.26897/2687-1149-2020-2-46-50

## ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ СЕЛЬСКОЙ ЭЛЕКТРИФИКАЦИИ

**ВОДЯННИКОВ ВЛАДИМИР ТИМОФЕЕВИЧ**, докт. экон. наук, профессор

E-mail: vvt-5210@yandex.ru

Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 127550, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49.

Проведён мониторинг состояния сельской электрификации и подтверждена значимость электроэнергии для модернизации аграрного сектора экономики России. Обоснована структура затрат в процессе электроснабжения сельского хозяйства и дано определение термина «качество электроэнергии». Показано, что перерывы в электроснабжении обусловлены износом электросетей, а их возникновение наносит материальный ущерб сельскохозяйственному производству. Выявлены причины неудовлетворительного состояния сельских электрических сетей 10-0,4 кВ, связанных с несовершенством организации их эксплуатации, резким сокращением замены изношенных сетей путём строительства новых. Сделан вывод о том, что в сельском электросетевом хозяйстве 10-0,4 кВ необходимо провести обновление и модернизацию, а также увеличить результативность инвестиций. Отмечено, что несоблюдение требований к качеству электроснабжения, неэффективность использования электрооборудования и средств автоматизации производства, снижение надёжности их работы в условиях сельскохозяйственного производства приводят к снижению фондоотдачи. Совокупность перечисленных факторов сдерживает процессы интенсификации агропромышленного производства, ускорение темпов развития научно-технического прогресса на селе. Предлагается внедрение энергосберегающих технологий, техники и систем автономного энергообеспечения сельскохозяйственных объектов, включая и возобновляемые источники энергии.

**Ключевые слова:** электрическая энергия, энергетическая система, затраты на электроснабжение, сельское хозяйство, износ сельских электрических сетей, качество электроэнергии, надёжность электроснабжения, ущерб от перерывов в электроснабжении.

**Формат цитирования:** Водяников В.Т. Технико-экономическая оценка современного состояния сельской электрификации // Агроинженерия. 2020. № 2(96). С.46-50. DOI: 10.26897/2687-1149-2020-2-46-50.

## TECHNICAL AND ECONOMIC EVALUATION OF THE MODERN CONDITION OF RURAL ELECTRIFICATION

**VLADIMIR T. VODYANNIKOV**, DSc (Econ), Professor

E-mail: vvt-5210@yandex.ru

Russian Timiryazev State Agrarian University; 127550, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya Str., 49.

The author has monitored the state of rural electrification and stated the electricity importance for the modernization of the agricultural sector in Russia. The cost structure in the process of power supply to agriculture has been determined and the term “power quality” has been defined. It is shown that interruptions in power supply are caused by wear and tear of power distribution grids, and these interruptions cause material damage to agricultural production. The research has identified the reasons for the unsatisfactory state of rural power distribution grids of 10-0.4 kV associated with the poor organization of their operation, and revealed a sharp reduction in the replacement of worn-out grids with new ones. The author comes to a conclusion that it is necessary to update and modernize agricultural power distribution grids of 10-0.4 kV, as well as increase the effectiveness of investments. It is noted that non-compliance with the requirements for the power supply quality, inefficient use of electrical equipment and production automation means, and a decrease in the reliability of their operation in agricultural production lead to a decrease in capital productivity ratio. The combination of these factors inhibits the intensification of agricultural production, thus accelerating the pace of scientific and technological progress in rural areas. It is proposed to introduce energy-saving technologies, equipment and autonomous power supply systems in agricultural facilities, including renewable energy sources.

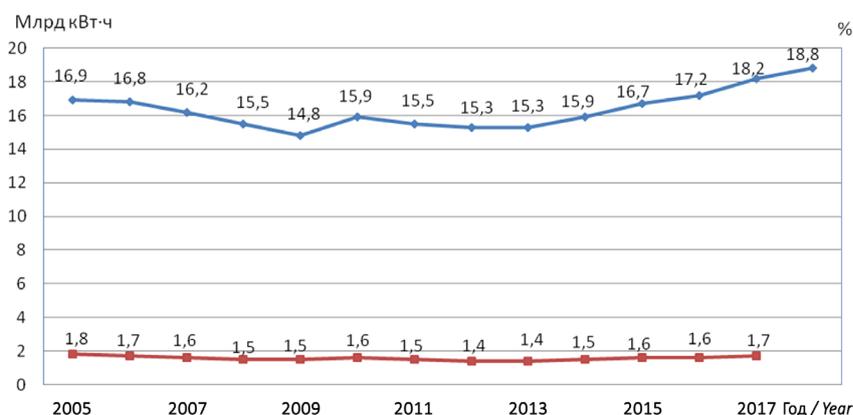
**Key words:** electric energy, energy system, costs of electric power supply, agriculture, depreciation of rural power grids, electric power quality, electric power supply reliability, damage from interruptions in electric power supply.

**For citation:** Vodyannikov V.T. Technical and economic evaluation of the modern condition of rural electrification. Agricultural Engineering, 2020; 2 (96): 46-50. (In Rus.). DOI: 10.26897/2687-1149-2020-2-46-50.

**Введение.** Роль электрической энергии в жизнедеятельности человека и развитии экономики государства подтверждается значительной экономической и социальной масштабностью её применения и потребительских качеств как энергоносителя, что зачастую определяет её привлечение во многих процессах [1]. Электрическая энергия – товар особенной ценности. При этом электроэнергетика выдвигается в разряд передовых отраслей экономики, и в настоящее время способствует динамичному вовлечению результатов научно-технического прогресса в технико-экономические и социально-экономические процессы АПК.

Электрическая энергия в АПК сегодня выступает в роли катализатора технического переоснащения аграрного производства путём внедрения достижений научно-технического прогресса, способствующих развитию комплексной механизации, автоматизации и цифровизации агропромышленного производства, привлечения

инновационных технологий и технических средств. В настоящее время возрастает потребность увеличения объёмов электроэнергии для сельхозтоваропроизводителей, особо этот характер важен для животноводческого сектора АПК. Исполнение упомянутого аспекта позволит повысить электрооснащённость производства во многих сегментах отрасли. По этой причине за последнее время наблюдается рост потребления электроэнергии в сельском хозяйстве: в 2018 г. объём электропотребления достиг 19 млрд кВт·ч, в то время как в 2015 г. он составлял 16,7 млрд кВт·ч, т.е. рост за 3 года составил 12,6% (рис. 1). Следует ожидать, что сфера и масштабы применения электроэнергии в сельском хозяйстве будут иметь тенденцию роста. Увеличение потребления электроэнергии в отрасли послужит стимулом к совершенствованию и реализации на предприятиях АПК инновационных технологий, машин, оборудования, вовлечение в агропромышленное производство систем цифровизации.



**Рис. 1.** Динамика потребления электроэнергии сельским хозяйством (млрд кВт·ч) и удельный вес отрасли в общем электропотреблении по экономике России (%)

**Fig. 1.** Dynamics of electricity consumption by agriculture (billion kWh) and the industry share in total electric power consumption in Russian economy (%)

**Цель исследований:** анализ и технико-экономическая оценка современного состояния сельской электрификации России, определение факторов, влияющих на процессы интенсификации агропромышленного производства и развитие научно-технического прогресса на селе.

**Материал и методы.** Объектом исследования является технико-экономическая оценка сельского электросетевого хозяйства 10-0,4 кВ. Использован метод системного анализа.

Полученная в ходе статистического анализа информация о современном состоянии электрификации сельского хозяйства в РФ может служить основой в разработке мероприятий по интенсификации агропромышленного производства и развитию научно-технического прогресса на селе.

**Результаты исследования.** В настоящее время более 90% электроэнергии, необходимой аграрному сектору экономики, вырабатывают энергосистемы, объединяющие электростанции различного типа, электрические и тепловые сети, работающие в режиме непрерывного процесса производства, преобразования, транспортировки и подведения электроэнергии к потребителям.

Сельские распределительные электросети отличаются разветвлённостью и протяжённостью магистральных

участков линий электропередач из-за ограниченности центров питания, а также потребности в электроснабжении большого числа отдалённых друг от друга населённых пунктов. Специфичность электроснабжения сельского хозяйства по сравнению с электроснабжением промышленности заключается в требовании обеспечить электроэнергией множество маломощных объектов, рассредоточенных по территории страны, из-за чего протяжённость сельских электросетей значительна.

В структуре затрат электроснабжения сельского хозяйства преобладают расходы на амортизацию основных фондов (39,3%) и оплату труда (20,9%), что говорит о фондово- и трудоёмкости этого технологического процесса (рис. 2).

В процессе электроснабжения первостепенными считаются параметры надёжности и качества. Это обуславливается усилением роли электроэнергии в жизнедеятельности населения страны и развитием различных отраслей аграрного сектора экономики. С 30-х гг. XX века практикуется безаварийное функционирование сетей и трансформаторных подстанций в электроэнергетике с целью предотвращения перебоев в электроснабжении и сокращения ущерба экономике страны. Актуальна проблема низкого качества электроэнергии. Ощутимы издержки

из-за некачественной электроэнергии в овощеводстве защищённого грунта, промышленном птицеводстве и животноводстве [2].

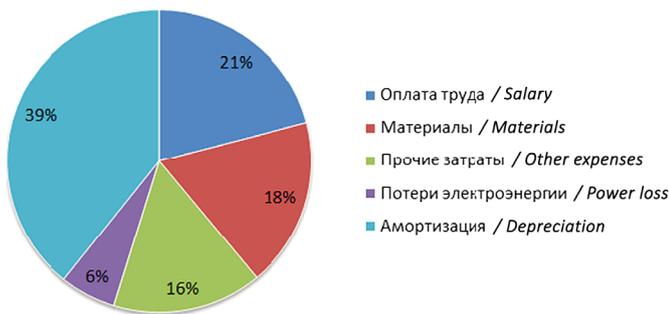


Рис. 2. Структура затрат на электроснабжение сельского хозяйства (%)

Fig. 2. Cost structure of electric power supply to agriculture (%)

Обратимся к вопросу повышения качества электроэнергии как продукта энергетического производства. Так, товароведческий аспект предполагает рассмотрение технических закономерностей проявления физических, механических, химических и других свойств. С точки зрения экономики проблему качества продукции необходимо увязывать с конкретными общественными условиями её производства и потребления. Говоря об определении термина «качество электроэнергии», следует уточнить, какое качество электроэнергии имеется в виду.

Электроэнергия представляется продуктом, наделённым индивидуальными свойствами, является топливом, тепловой и механической энергией и иным видом энергии [3]. Также электроэнергия наделена особой степенью востребованности для удовлетворения конкретной необходимости в процессе применения. Так, электродвигателям требуется электроэнергия, характеристики качества которой определены ГОСТ-13109-99 (табл.). С целью улучшения качества электроэнергии следует улучшить её потребительские свойства.

**Требование к качеству электроэнергии**  
**Electricity quality requirement**

| Показатели качества<br><i>Quality indicators</i>  | Допустимые значения<br><i>Valid values</i> |                                |
|---|--|--------------------------------|
|   | нормальные<br><i>normal</i>                | максимальные<br><i>maximum</i> |
| <b>Отклонение напряжения у электроприёмников, %</b><br><i>Voltage deviation in power consumers, %</i>   | ±5   | ±10                            |
| <b>Коэффициент несинусоидальности в электросети, % не более / no more</b><br><i>Coefficient of unsinusoidality in the power grid, % no more</i> |  |                                |
| 0,4 кВ  | 8  | 12,8                           |
| 6-20 кВ   | 5  | 6                              |
| 35 кВ   | 4  | 3                              |
| 110 кВ и выше / 110 kV and higher   | 2  | 3                              |
| <b>Коэффициент обратной последовательности напряжения, % не более</b><br><i>Coefficient of reverse voltage sequence, % no more</i>              | 2  | 4                              |
| <b>Коэффициент нулевой последовательности напряжения, % не более</b><br><i>Coefficient of zero voltage sequence, % no more</i>                  | 2  | 4                              |
| <b>Длительность провала напряжения, с</b><br><i>Duration of voltage dip, s</i>  | -  | 30                             |
| <b>Отклонение частоты, Гц</b><br><i>Frequency deviation, Hz</i>   | ±0,2                                       | ±0,4                           |

Взаимосвязь процессов производства и потребления электроэнергии обуславливает отсутствие незавершённого производства энергии. Уникальность электрической энергии как продукта состоит в невозможности её выбраковки и изъятия из потребления, а при эксплуатации электроустановок необходим строгий контроль параметров качества электроэнергии.

Для эффективной и ритмичной работы электрифицированных производств АПК производство и распределение электроэнергии должно быть бесперебойным.

Наиболее заинтересованы в надёжном и бесперебойном энергоснабжении крупные агрохолдинги, теплично-парниковые хозяйства и другие современные производства, привлекающие инновационные технологии и машины, практически замещающие ручной труд. Ввиду биологической специфики сельского хозяйства возместить

ущерб от потери в том или ином сегменте аграрного производства нельзя.

Таким образом, качественное электроснабжение (надёжность и качество электроэнергии) есть совокупность характеристик, поддержка которых на должном уровне позволит безупречно работать в штатном режиме в течение срока службы и системном обслуживании электрооборудованию (электроустановки, электрифицированные машины и т.д.) и автоматизированным системам управления. В процессе мониторинга качества электрообеспечения привлекаются технические характеристики и показатели экономичности при подаче электричества от производителя к потребителю. Показатели экономичности достигаются неукоснительным соблюдением нормируемых технических требований. Показатели качества электроэнергии влияют на экономическую эффективность работы

средств электрификации производственных процессов в АПК [2, 4]. Посредством улучшения характеристик качества электроэнергии можно повысить эффективность работы системы электроснабжения. Следует иметь в виду, что важнейшим показателем экономичности работы электрической сети считается уровень потерь электроэнергии в линиях электропередачи и трансформаторных подстанциях.

Электрификация и автоматизация агропромышленного производства подразумевает минимизацию количества и продолжительности отключений энергии у потребителей. Аварийная подача электроэнергии губительна для многих предприятий АПК. Поэтому надёжность электроснабжения характеризуется еще и количеством, и длительностью аварийных отключений электроэнергии. Учитывается еще и объём недоотпущенного электричества.

В целом для повышения эффективности сельского электроснабжения необходима экономическая политика, обеспечивающая своевременность и бесперебойность подачи электроэнергии сельскому потребителю требуемого качества и по приемлемым тарифам, стимулирующим её использование при производстве сельскохозяйственной продукции, как мелких, так и крупных сельхозпроизводителей. При этом сельские электрические сети напряжением 0,4-35 кВ оцениваются в 30% от стоимости активной части основных производственных фондов отрасли и 60% от стоимости распределительных электросетей данной категории.

Высокий уровень износа электрических сетей не способствует надёжному и качественному электроснабжению села. Техническое состояние более чем половины сельских электрических сетей неудовлетворительное, так, например, в Нечерноземье около 70% воздушных линий (ВЛ) напряжением 0,4 кВ и 60% ВЛ напряжением 10 кВ имеют износ 100% и должны быть выведены из эксплуатации (рис. 3). В результате отклонения напряжения у потребителей составляют 10...20%, что значительно превышает норму ГОСТа на качество электроэнергии, составляющую  $\pm 5\%$  от номинального напряжения, и, как следствие, повышенные потери электроэнергии в сельских электросетях (до 30% при норме 5...7%). Кроме того, сельские электрические сети оснащены по остаточному принципу приборами сетевой автоматики, приспособлениями, компенсирующими реактивную мощность, и позволяющими обнаружить повреждения в сетях. Вследствие чего увеличивается количество аварий в распределительных сетях – до 20 отключений на 100 км трассы, продолжительность неподачи электроэнергии достигает до 250 часов в год.

Высокие показатели аварийности сельских электрических сетей обусловлены рядом причин: несовершенством организации эксплуатации сельского электрического хозяйства; остаточным принципом выделения энергосистемами материально-технических и финансовых ресурсов на содержание сельских электрических сетей 10-0,4 кВ; многократным сокращением ввода в эксплуатацию построенных линий электропередач (рис. 4, 5).

ВЛ 0,4 кВ наиболее изношены, а суммарная стоимость износа превышает их первоначальную стоимость. Значительная часть сельских электросетей подлежит замене [5].

Линии электропередачи 0.4 кВ      Линии электропередачи 6-10 кВ

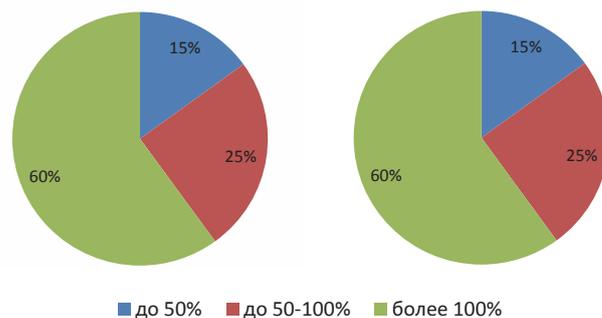


Рис. 3. Структура уровней износа сельских линий электропередачи 10-0,4 кВ (по амортизационному сроку службы)

Fig. 3. Structure of the wear levels of 10-0.4 kV rural power lines (by service life)

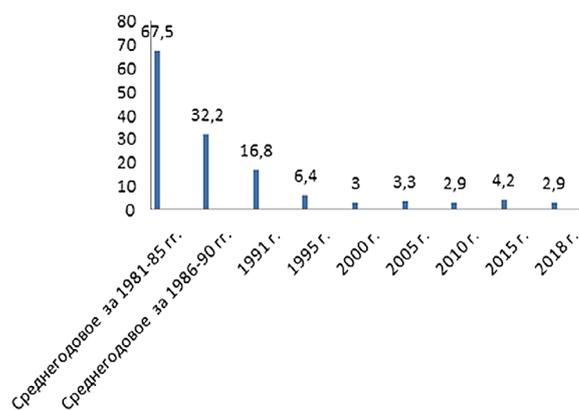


Рис. 4. Динамика ввода в эксплуатацию сельских линий электропередачи 20-6 кВ (тыс. км)

Fig. 4. Dynamics of commissioning 20-6 kV rural power lines (thousand km)

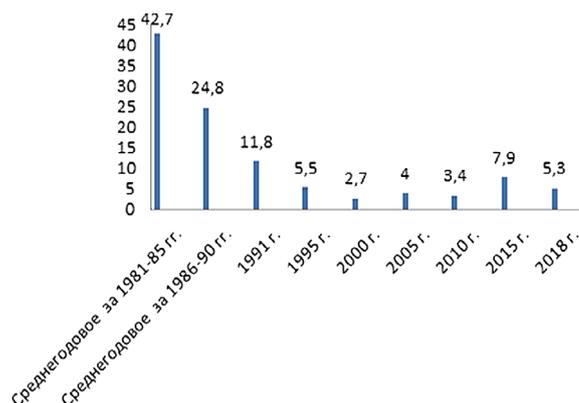


Рис. 5. Динамика ввода в эксплуатации сельских линий электропередачи 0,4 кВ (тыс. км)

Fig. 5. Dynamics of commissioning rural 0.4 kV power transmission lines (thousand km)

## Выводы

В результате технико-экономической оценки сельского электросетевого хозяйства 10-0,4 кВ выявлена необходимость в его обновлении и модернизации, а также

в повышении результативности инвестиций в электрификацию сельского хозяйства. Актуальной задачей является внедрение систем автономного энергообеспечения

сельскохозяйственных объектов, включая и возобновляемые источники энергии, внедрение энергосберегающих технологий и техники [4, 6].

### Библиографический список

1. Фортов В.Е. Энергетика в современном мире / В.Е. Фортов, О.С. Попель. Долгопрудный: ПД «Интеллект», 2011, 167 с.
2. Морозов Н.М. Направления рационального использования энергетических ресурсов в животноводстве // Техника и оборудование для села. 2004. № 4. С. 3-5.
3. Водяников В.Т. Экономические основы развития сельской энергетики: монография. М.: ФГБОУ ВПО МГАУ, 2012. 184 с.
4. Макаров А.А. Электроэнергетика России на период до 2030 года: контуры желаемого будущего. М.: ИНЭИ-РАН, 2007. 172 с.
5. Водяников В.Т., Игудин А.А. Экономическое состояние сельских электрических сетей 10/0,4 кВ // Вестник ФГОУ ВПО «МГАУ имени В.П. Горячкина». 2015. № 6. С. 55-60.
6. Першинов Э.М. О стратегии развития энергетики // Энергетик. 2008. № 9. С. 19-26.

### Критерии авторства

Водяников В.Т. выполнил теоретические исследования, на основании полученных результатов провёл обобщение и написал рукопись. Водяников В.Т. имеет на статью авторские права и несёт ответственность за плагиат.

### Конфликт интересов

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Статья поступила 19.02.2020

Опубликована 27.04.2020

### References

1. Fortov V.Ye., Popel', O.S. Energetika v sovremennom mire [Power engineering in the modern world]. Dolgoprudny: PD "Intellect", 2011: 167. (In Rus.)
2. Morozov N.M. Napravleniya ratsional'nogo ispol'zovaniya energeticheskikh resursov v zhivotnovodstve [Ways of rational using energy resources in animal husbandry]. *Tekhnika i oborudovaniye dlya sela*. 2004; 4: 3-5. (In Rus.)
3. Vodyannikov V.T. Ekonomicheskiye osnovy razvitiya sel'skoy energetiki: monografiya [Economic fundamentals of rural power enngineering development: Monograph]. Moscow, FGBOU VPO MGAU, 2012: 184. (In Rus.)
4. Makarov A.A. Elektroenergetika Rossii na period do 2030 goda: kontury zhelayemogo budushchego [Power industry of Russia for the period until 2030: the profile of the desired future]. Moscow, INEI-RAN, 2007: 172. (In Rus.)
5. Vodyannikov V.T., Igudin A.A. Ekonomicheskoye sostoyaniye sel'skikh elektricheskikh setey 10/0.4 kV [Economic condition of rural electric networks 10/0.4 kV]. *Vestnik of Moscow Goryachkin Agroengineering University*. 2015; 6: 55-60. (In Rus.)
6. Pershinov E.M. O strategii razvitiya energetiki [On the power engineering development strategy]. *Energetik*, 2008; 9: 19-26. (In Rus.)

### Contribution

V.T. Vodyannikov performed theoretical studies, summarized the material and wrote the manuscript. V.T. Vodyannikov has author's rights and bears responsibility for plagiarism.

### Conflict of interests

The author declare no conflict of interests regarding the publication of this paper.

The paper was received on February 19, 2020

Published 27.04.2020