

## ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ВНЕДРЕНИЯ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА НАДЁЖНОСТИ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ И КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ НА ПРИМЕРЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ОБЪЕКТА

Большев В. Е., Виноградов А. В., Виноградова А. В.

ФГБНУ "Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ"

*Проведено технико-экономическое обоснование внедрения системы мониторинга надёжности электроснабжения и качества электроэнергии на примере молочной фермы на 150 голов.*

**Введение.** Надёжность электроснабжения (НЭ) и качество электроэнергии (КЭ), выраженными во времени перерывов в электроснабжении и во времени несоответствия КЭ требованиям нормативных документов, являются основными показателями эффективности электроснабжения [1]. Одним из способов повышения этих показателей является использование средств их мониторинга, которые позволяют сократить время на получение информации об отказе (об искажении КЭ) и на её распознавание (за счёт определение места повреждения и источника искажения). Система мониторинга надёжности электроснабжения и качества электроэнергии (СМНиК) основана на использовании датчиков, называемых устройствами контроля количества и продолжительности отключений и отклонения напряжения (УККПОиОН), которые устанавливаются на вводах потребителей, на шинах низкого напряжения трансформаторной подстанции и на отходящих из нее ЛЭП [2, 3]. Несмотря на преимущества, даваемые СМНиК, необходимо понимать экономическую эффективность её внедрения. В данной статье рассмотрен вопрос технико-экономического обоснования внедрения СМНиК на примере сельскохозяйственного объекта (молочная ферма), поскольку сельские электрические сети 0,4 кВ из-за своей протяженности и часто выработанного ресурса являются наиболее страдающими от перерывов в электроснабжении и некачественной электроэнергии.

**Определение времени перерывов в электроснабжении на молочной ферме.** Основными направлениями деятельности агрофирмы является производство продовольственного зерна и откорм КРС. Кроме того, агрофирма производит корма, технические культуры и молоко. АО "Агрофирма Мценская" имеет молочную ферму КРС на 150 голов с беспривязным содержанием, на щелевых полах, с механизированной раздачей кормов и автопоением, напольным покрытием - терлюкс, навозоудалением – гидросплав. Ферма запитана ЛЭП 0,38 кВ длиной 1,4 км от КТП 10/0,4 кВ СтК-3-3/160. По состоянию на 2018 год среднегодовой надой на одну корову составил 6 205 кг молока.

Время перерывов в электроснабжении рассчитывается по формуле

$$T_{пер} = \frac{\omega_i \times t_{восст} \times N_i}{100}, \quad (1)$$

где  $\omega_i$  – поток отказов элемента сети (для ЛЭП 0,4 кВ, ТП 10/0,4, ЛЭП 10 кВ) год<sup>-1</sup>/100 км (год<sup>-1</sup>/100 шт.);

$t_{восст}$  – среднее время восстановления элемента сети (для ЛЭП 0,4 кВ, ТП 10/0,4, ЛЭП 10 кВ), ч;

$N_i$  – общее количество элементов сети (протяженность линии), шт. (км).

В соответствии с условиями молочной фермы  $N_i$  составит: для ЛЭП 0,4 кВ –  $N_{i0,4}=1,4$  км, для ТП 10/0,4 –  $N_{iТП}=1$  шт., для ЛЭП 10 кВ –  $N_{i10}=19,28$  км.

В соответствии с [4]  $\omega_i$  и  $t_{восст}$  составят: для ЛЭП 0,4 кВ –  $\omega_{i0,4}=22,34$  год<sup>-1</sup>/100 км,  $t_{восст0,4}=4,21$  ч; для ТП 10/0,4 –  $\omega_{iТП}=4,93$  год<sup>-1</sup>/100 шт.,  $t_{восстТП}=5,01$  ч; для ЛЭП 10 кВ –  $\omega_{i0,4}=16,21$  год<sup>-1</sup>/100 км,  $t_{восст0,4}=4,6$  ч.

Время перерывов в электроснабжении за год в зависимости от элементов сети, на которых произошли отказы, будет составлять:

$$T_{пер0,4} = \frac{22,34 \times 4,21 \times 1,4}{100} = 1,32 \text{ ч},$$

$$T_{перТП} = \frac{4,93 \times 5,01 \times 1}{100} = 0,25 \text{ ч},$$

$$T_{пер10} = \frac{16,21 \times 4,6 \times 19,28}{100} = 14,38 \text{ ч}.$$

Суммарное время перерывов в электроснабжении за год состави:

$$T_{пер} = 1,32 + 0,25 + 14,38 = 15,95 \text{ ч}.$$

Внедрения СМНиК позволяет сократить время на получение информации и на её распознавание до 0,05 ч и 0,25 ч соответственно при отказах, возникающих на ЛЭП 0,4 кВ. В тоже самое время, если отказы возникают на ЛЭП 10 кВ и на ТП 10/0,4, СМНиК также позволяет сократить время на получении информации о повреждении, но время на её распознавание может быть сокращено только другими способами. Таким образом,  $T_{рСМНиК}$  составит: для ЛЭП 0,4 кВ –  $t_{восст(СМНиК)0,4}=1,24$  ч, для ТП 10/0,4 –  $t_{восст(СМНиК)ТП}=4$  ч, для ЛЭП 10 кВ –  $t_{восст(СМНиК)10}=3,59$  ч.

Время перерывов в электроснабжении при внедрении СМНиК будет составлять:

$$T_{пер(СМНиК)0,4} = \frac{22,34 \times 1,24 \times 1,4}{100} = 0,39 \text{ ч},$$

$$T_{пер}(СМНиК)_{ТП} = \frac{4,93 \times 4 \times 1}{100} = 0,2 \text{ ч},$$

$$T_{пер}(СМНиК)_{10} = \frac{16,21 \times 3,59 \times 19,28}{100} = 11,21 \text{ ч}.$$

Суммарное время перерывов в электроснабжении за год на молочной ферме АО "Агрофирма Мценская" при внедрении СМНиК будет составлять:

$$T_{пер}(СМНиК) = 0,39 + 0,2 + 11,21 = 11,8 \text{ ч}.$$

**Определение ущерба на молочной ферме.** При перерыве в электроснабжении ферма будет нести технологический ущерб (недоотпуск молока) в соответствии с формулой [5]

$$У = Ц \times \alpha \times (T - T_{Д}) \times П_{с} \times N, \quad (2)$$

где  $Ц$  – цена молока, руб./кг (24,93 руб./кг);

$\alpha$  – доля теряемой среднесуточной продукции в результате часового простоя оборудования сверх допустимой длительности;

$T$  – фактическая длительность простоя оборудования технологического процесса при одном отказе, ч;

$T_{Д}$  – допустимая длительность простоя оборудования технологического процесса при одном отказе, ч;

$П_{с}$  – среднесуточная продуктивность одной коровы, 17 кг/гол.

$N$  – количество пострадавших коров, 150 гол.

За фактическую длительность простоя оборудования технологического процесса  $T$  можно принять время восстановления электроснабжения  $t_{восст} \cdot T_{Д}$  и  $\alpha$  для различных технологических процессов молочной фермы определены по технологическим картам [5] и представлены в табл. 1.

Так как время восстановления электроснабжения  $t_{восст}$  больше допустимой длительности простоя линии  $T_{Д}$  для всех технологических процессов, то и недовыпуск продукции  $\alpha$  будет наблюдаться во всех процессах. На рис. 1 представлена гистограмма недовыпуска продукции в зависимости от времени, при

котором произошел перерыв в электроснабжении, с учетом распорядка рабочего дня на молочной ферме.

Таблица 1 – Нормативные технологические показатели молочной фермы

Наименование технологического процесса	Допустимая длительность простоя линии $T_{Д}$ , ч.	Удельный недовыпуск продукции $\alpha$ , о. е.
Доение	1,5	0,07
Первичная обработка молока	3,0	0,035
Приготовление корма	3,5	0,1
Раздача корма	3	0,03
Поение	3	0,04
Обеспечение микроклимата	3,5	0,02

При внедрении СМНиК недовыпуск продукции будет происходить только при отказах на ТП и на ЛЭП 10 кВ, так как эти отказы превышают допустимую длительность простоя в 1,5 ч (4 ч и 3,59 ч соответственно), поэтому недовыпуск продукции будет иметь вид, представленный на рисунке 2.

Среднее значение недовыпуска продукции находится по формуле:

$$X_B = \frac{1}{n} \times \sum_{i=1}^{N_i} (X_i \times N_i), \quad (3)$$

где  $X_B$  – выборочное среднее значение из выборки;

$n$  – число исследуемых линий (объем выборки);

$X_i$  –  $i$ -тое значение, для которого производится расчет;

$N_i$  – частота появления  $i$ -того значения.

Среднее значение недовыпуска продукции при перерывах в электроснабжении составляет 29 512 руб., после внедрения СМНиК – 11 779 руб. Таким образом, экономический эффект от внедрения СМНиК составит 17 733 руб.

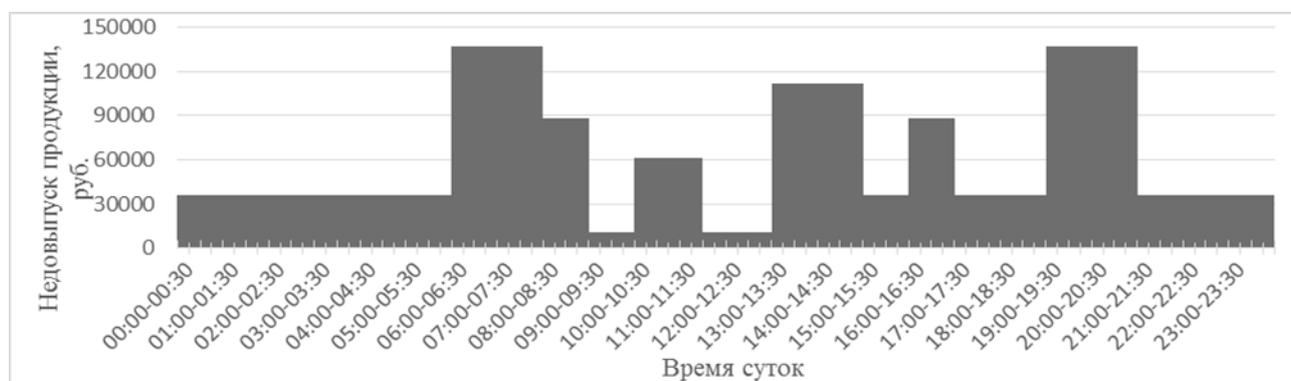


Рисунок 1 – Гистограмма суммарного недовыпуска продукции в зависимости от времени, при котором произошел перерыв в электроснабжении

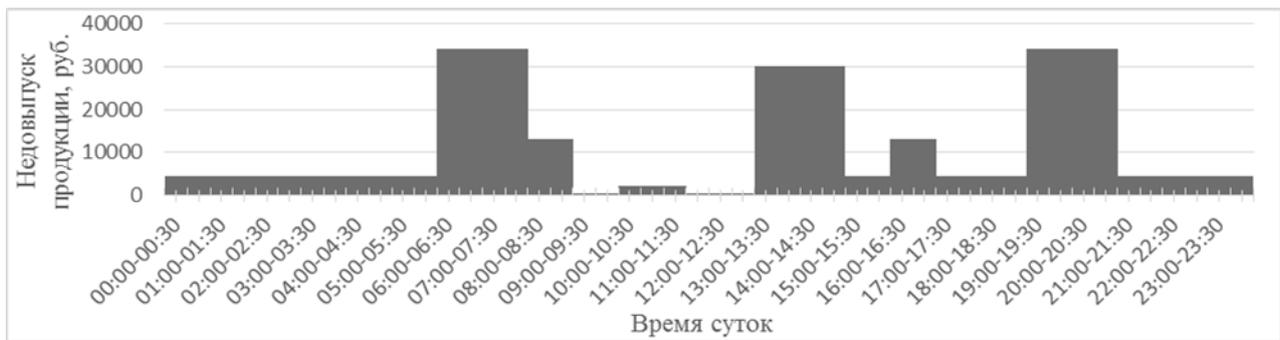


Рисунок 2 – Гистограмма суммарного недовыпуска продукции в зависимости от времени, при котором произошел перерыв в электроснабжении, после внедрения СМНиК

**Расчет срока окупаемости СМНиК на молочной ферме.** С учетом того, что для осуществления мониторинга НЭ и КЭ на данной ферме необходимо 3 УККПОиОН – на вводе потребителя, на шинах НН ТП и на ЛЭП, питающего объект, капиталовложения на развертывания СМНиК при использовании GSM передачи данных составит 12 237 руб. (Стоимость одного УККПОиОН - 4 078,6 руб.). Издержки на эксплуатацию СМНиК представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Годовые эксплуатационные расходы для СМНиК для молочной фермы АО "Агрофирма Мценская"

Наименование издержек на эксплуатацию СМНиК	Сумма, руб.
Затраты на текущий ремонт	612
Затраты на потребляемую энергию	382
Затраты на передачу данных	585
ИТОГО	1579

Годовая экономия в этом случае составит

$$Г=17733-1579=16154 \text{ руб.}$$

Окупаемость внедрения СМНиК состави

$$T_{ок} = \frac{12237}{16154} = 0,76 \text{ года.}$$

**Выводы.** Внедрение системы мониторинга надежности электроснабжения и качества электроэнергии экономически выгодно в системах электроснабжения, особенно, если в них присутствуют сельскохозяйственные производители, которые чувствительны к остановкам технологических процессов.

Так, на примере молочной фермы АО "АГРОФИРМА МЦЕНСКАЯ" показано, что срок окупаемости СМНиК составляет 0,76 года.

#### Список использованной литературы

1. Лещинская Т. Б., Наумов И. В. Электроснабжение сельского хозяйства: учебник. Москва : БИБК-КОМ: ТРАНСЛОГ, 2015. 656 с. ISBN 978-5-905563-41-6.
2. Система контроля надежности электросна-

бжения и качества электроэнергии в электрических сетях 0,38 кВ. / Виноградов А. В., Бородин М. В., Виноградова А. В., Селезнева А. О., Большев В. Е. *Промышленная энергетика*. 2018. № 3. С.14-18.

3. Виноградов А. В., Виноградова А. В., Большев В. Е. Устройства и система мониторинга надежности электроснабжения и отклонения напряжения в электрических сетях 0,38 кВ. *Вестник НГИЭИ*. – 2017. №11(78). С. 69-81.

4. Анализ количества и причин отключений в электрических сетях 0,38...10 кВ. / Васильев А. Н., Виноградов А. В., Виноградова А.В., Большев В. Е., Скитёва И. Д. *Инновации в сельском хозяйстве*. 2018. № 4 (29). С. 8-18.

5. Некрасов А. И., Некрасов А. А. Оценка ущерба от отказов электродвигателей в технологических процессах животноводства. *Научно-техническое обеспечение АПК Сибири: сб. материалов Международной научно-технической конференции*. 2017. С.97-104.

#### Аннотация

### ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ВПРОВАДЖЕННЯ СМНІЯ НА ПРИКЛАДІ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ОБ'ЄКТА

Виноградов А. В., Большев В. С.

*Проведено техніко-економічне обґрунтування впровадження СМНІЯ на прикладі молочної ферми АТ "Агрофірма Мценського", розташованої у Мценському районі Орловської області РФ.*

#### Abstract

### FEASIBILITY STUDY OF SMNIK IMPLEMENTATION ON THE EXAMPLE OF AGRICULTURAL OBJECT

A. Vinogradov, V. Bolshev

*A feasibility study of the implementation of the monitoring system for the reliability of electricity supply and quality of electricity on the example of a dairy farm for 150 heads was carried out.*