

## АННОТАЦИЯ

*Впервые исследовано влияние внешних и внутренних факторов, формирующих общие и удельные расходы электроэнергии в технологических системах водоотведения на основе разработанных многофакторных аддитивных моделей электропотребления, учитывающих взаимосвязь между электропотреблением, объемами и химическим составом стоков, температурой наружного воздуха и количеством атмосферных осадков.*

*Разработан способ прогнозирования удельных расходов электроэнергии в условиях изменения объемов обработки стоков, основанный на статистическом анализе изменения производственной программы. В основу способа положено построение линейного тренда изменения объемов производства и вычисления коэффициента роста, показывающего соотношение планируемого и базового объемов производства. Достоинство способа — возможность прогнозирования удельных и общих расходов электроэнергии с учетом реальной производственной динамики. Он может применяться любыми предприятиями промышленности и ЖКХ.*

## ANNOTATION

*The influence of external and internal factors which form the general and specific power consumption in technological wastewater systems was investigated on the basis of multifactorial additive models of power consumption that take into account interdependence of power consumption, volume and chemical composition of the municipal effluent, the outdoor temperature and the amount of precipitation.*

*A method of predicting the specific consumption of electricity in the conditions of change of the volume of waste water treatment, was based on the statistical analysis of the changes in the production program. The method is based on the construction of the linear trend changes in production volumes and calculations of growth rate, showing the ratio of the planned base and production volumes. The advantage of the method is the ability to predict the specific and overall electricity consumption, taking into account the real dynamics of the production. It can be applied by any industrial enterprises and utilities.*

## Влияние внешних и внутренних факторов на формирование удельных и общих расходов электроэнергии в системах городского водоотведения Республики Беларусь

**Н. В. Грунтович**, д. т. н., профессор, ООО «Центр научно-прикладных проблем энергетики», Гомель,

**А. А. Капанский**, м. т. н., аспирант, Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого

### Введение

Технологические системы водоотведения Республики Беларусь, предназначенные для отведения и очистки сточных вод всех категорий, являются крупными потребителем электрической энергии (ЭЭ). Энергоэффективность (ЭЭФ) работы предприятий водопроводно-канализационного хозяйства (ПВКХ), эксплуатирующих указанные

системы, определяет уровень социального благополучия населения, поскольку удельный вес затрат ЭЭ в себестоимости услуг водоотведения на сегодняшний день превышает 25 %. Для их снижения ПВКХ ежегодно внедряют современное энергосберегающее оборудование. Для оценки эффективности этих мероприятий служат показатели ЭЭФ. Одним из них является нормируемый удельный расход ЭЭ на 1 000 м<sup>3</sup> перекачанных по городской канализационной сети и очищенных до установленного качества сточных вод [1].

Определить оптимальную норму расхода ЭЭ всех технологических систем водоотведения невозможно, поскольку каждая имеет свои особенности

функционирования. Целью должно быть доведение до минимального уровня в рамках отдельной системы удельного расхода ЭЭ, отражающего энергоэффективности работы ВКХ и показателя для оценки внедрения энергосберегающих мероприятий.

В последние годы можно наблюдать рост удельного расхода ЭЭ в системах водоотведения даже после проведения мероприятий по энергосбережению, что может поставить под сомнение эффективность их реализации [2, 3]. Однако, как правило, это связано с тем, что существующие способы оценки ЭЭФ не позволяют принять во внимание влияние внешних и внутренних факторов, формирующих общие и удельные расходы ЭЭ, а главное, учесть существенное снижение объёмов перекачки и очистки стоков.

Авторы предлагают решение актуальной задачи по исследованию технологических процессов в системе водоотведения с целью выявления и оценки факторов, влияющих на электропотребление, а также учёта снижения объёмов услуг ПВКХ на этапах планирования удельного расхода ЭЭ.

### Результаты исследований

Исследование влияющих факторов базируется на построении аддитивных моделей электропотребления, основанных на обработке статистических наблюдений методами регрессионного анализа. В состав информационной базы данных входит суточная статистика ретроспективных производственных показателей. Эти данные позволяют учесть действительное изменение объёмов производства, климатические особенности региона, а также фактические затраты ЭЭ на транспортировку и очистку стоков. Построение многофакторных регрессионных моделей электропотребления в системе водоотведения подробно рассмотрено в [4].

По характеру исходной информации выделяется интегральная, то есть накопительная, и усреднённая статистика, которая формируется по средним показателям влияющих величин. Для системы водоотведения интегральной статистикой являются объёмы перекачанных и очищенных стоков, изменение которых отражает прирост либо снижение технологических расходов ЭЭ в заданном периоде исследования в соответствии с формулой:

$$W_{\text{тех}} = w_{\text{YA,тех}} \cdot Q_{\text{сток}} = w_{\text{YA,тех}} \cdot \sum q_i^{\text{сток}}, \quad (1)$$

где  $w_{\text{YA,тех}}$  — технологический фактор модели, характеризующий удельный технологический расход

ЭЭ на транспортировку и очистку стоков,  $\text{кВт}\cdot\text{ч}/\text{тыс. м}^3$ ;

$Q_{\text{сток}}$  — объём стоков в заданном периоде исследования,  $\text{тыс. м}^3$ ;

$q_i^{\text{сток}}$  — объём стоков за  $i$ -е сутки,  $\text{тыс. м}^3$ .

Кроме того, в состав интегральной статистики входит количество выпавших атмосферных осадков:

$$W_{\text{осад}} = b \cdot N_{\text{осад}} = \sum b \cdot N_i^{\text{осад}}, \quad (2)$$

где  $b$  — коэффициент регрессии фактора количества выпавших осадков,  $\text{кВт}\cdot\text{ч}/\text{мм}$ ;

$N_{\text{осад}}$  — количество выпавших осадков в заданном периоде исследования,  $\text{мм}$ ;

$N_i^{\text{осад}}$  — количество выпавших осадков за  $i$ -е сутки,  $\text{мм}$ .

По усреднённой статистике определяются затраты, связанные с влиянием температуры наружного воздуха и химического состава стоков на изменение общих и удельных расходов ЭЭ:

$$W_{\text{нар}} = a \cdot t_{\text{нар}} \cdot N = \sum a \cdot t_i^{\text{нар}}, \quad (3)$$

$$W_{\text{хим}} = (c \cdot \text{ХПК} + d \cdot \text{БПК}_5 + e \cdot \text{NH}_4) \cdot N = \sum (c \cdot \text{ХПК}_i + d \cdot \text{БПК}_{5i} + e \cdot \text{NH}_{4i}), \quad (4)$$

где  $a$  — коэффициент регрессии температурного фактора,  $\text{кВт}\cdot\text{ч}/^\circ\text{C}$ ;

$t_{\text{нар}}$  — усреднённое значение температуры наружного воздуха в исследуемом периоде,  $^\circ\text{C}$ ;

$N$  — количество дней в исследуемом периоде,  $\text{сут.}$ ;

$t_i^{\text{нар}}$  — средняя температура наружного воздуха за  $i$ -е сутки,  $^\circ\text{C}$ ;

$c, d, e$  — коэффициенты регрессии факторов ХПК, БПК<sub>5</sub> и NH<sub>4</sub> соответственно,  $\text{кВт}\cdot\text{ч}/\text{мг}/\text{л}$ ;

ХПК, БПК<sub>5</sub> и NH<sub>4</sub> — усреднённые значения химических показателей стоков в заданном периоде исследования,  $\text{мг}/\text{л}$ ;

ХПК, БПК<sub>5i</sub> и NH<sub>4i</sub> — усреднённые значения химических показателей стоков за  $i$ -е сутки,  $\text{мг}/\text{л}$ .

Проведённые исследования позволили выявить общую структуру аддитивной модели электропотребления в системе водоотведения, которая может быть представлена в виде суммы технологических, условно-постоянных и прочих влияющих факторов, формирующих затраты ЭЭ:

$$W = w_{\text{YA,тех}} \cdot Q_{\text{сток}} + a \cdot x_2 + b \cdot x_3 + \dots + e \cdot x_j + W_{\text{усл.п.}} = W_{\text{тех}} + W_{\text{п.ф.}} + W_{\text{усл.п.}}, \quad (5)$$

где  $a, b, \dots, e$  — коэффициенты регрессии модели перед факторами  $x_2, x_3, \dots, x_j$  соответственно;

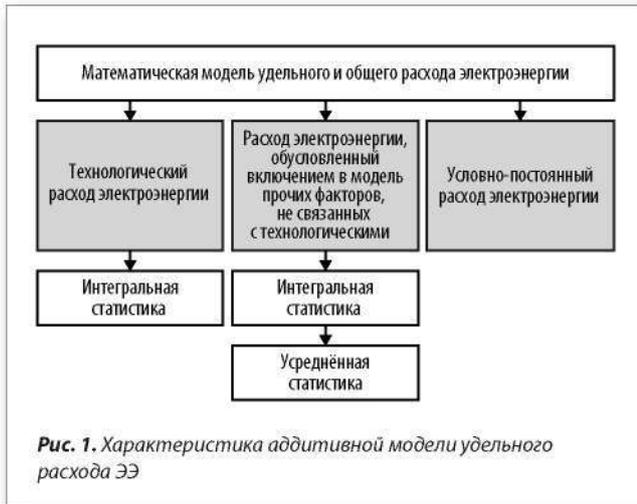


Рис. 1. Характеристика аддитивной модели удельного расхода ЭЭ

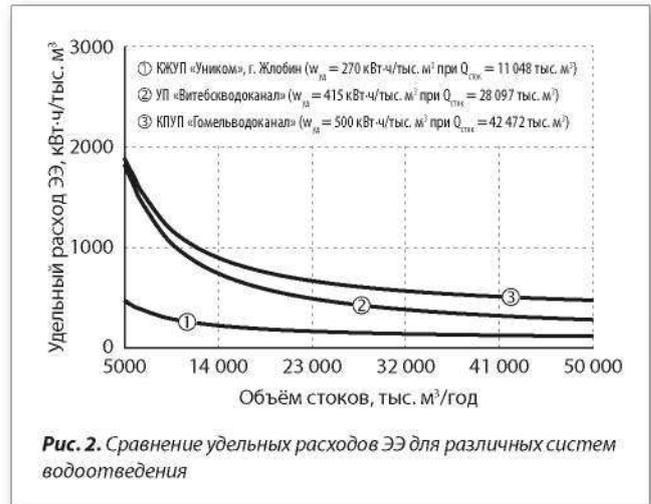


Рис. 2. Сравнение удельных расходов ЭЭ для различных систем водоотведения

Табл. 1. Результаты моделирования удельного расхода ЭЭ в системе водоотведения

Объект исследования (система водоотведения)	Погрешность годового прогнозирования удельного расхода ЭЭ, %	Математическая модель суточного удельного расхода ЭЭ
Гомельводоканал	0,03	$w_{уд} = 305,9 + \frac{-172,3 \cdot t_{нар} - 192,5 \cdot N_{осад} + 24228,4}{Q_{сток}}$
Витебскводоканал	0,1	$w_{уд} = 92,7 + \frac{-96 \cdot t_{нар} - 152,9 \cdot N_{осад} + 2,1 \cdot ХПК + 8,1 \cdot БПК_5 + 49,2 \cdot NH_4 + 19209,9}{Q_{сток}}$
Уником, Жлобин	0,05	$w_{уд} = 74,8 + \frac{-4,1 \cdot t_{нар} + 5945,5}{Q_{сток}}$

$x_2, x_3 \dots x_j$  — факторные признаки модели электропотребления, не связанные с технологическим фактором;

$j$  — количество формирующих электропотребление факторов;

$W_{тех}$  — технологический расход ЭЭ, кВт·ч;

$W_{п.ф.}$  — расход ЭЭ, обусловленный включением в модель прочих факторов, не связанных с технологическими, кВт·ч;

$W_{усл.п.}$  — свободный член регрессии, характеризующий условно-постоянный расход ЭЭ, не зависящий от формирующих электропотребление факторов, кВт·ч.

В общем виде удельный расход ЭЭ, отнесённый к объёмам производства, может быть представлен зависимостью:

$$w_{уд} = w_{уд,тех} + \frac{a \cdot x_2 + b \cdot x_3 + \dots + e \cdot x_j + W_{усл.п.}}{Q_{сток}} = w_{уд,тех} + \frac{W_{п.ф.} + W_{усл.п.}}{Q_{сток}} \quad (6)$$

Структурная характеристика модели удельного и общего расхода ЭЭ приведена на рис. 1.

Исследования факторов, формирующих общие и удельные расходы ЭЭ в системе водоотведения, проводились на примере трёх водоканалов: КЗУП «Гомельводоканал»; УП «Витебскводоканал»; КЗУП «Уником», Жлобин.

Удельный расход ЭЭ в системе водоотведения Гомельводоканала оказался самым большим в исследуемой группе и составил 500 кВт·ч/тыс. м<sup>3</sup>. Для Витебскводоканала и Уникома эти показатели составили 415 и 270 кВт·ч/тыс. м<sup>3</sup> соответственно. Математические закономерности, описывающие изменение удельного расхода ЭЭ для исследуемых систем, представлены в табл. 1.

Приведённые на рис. 2 зависимости, полученные в результате статистической обработки производственных показателей, позволяют исследуемым ПВКХ прогнозировать удельный расход ЭЭ при изменении объёмов стоков и фиксированных значениях прочих влияющих факторов, входящих в состав модели.

Условно-постоянные расходы ЭЭ, не зависящие от перекачанного объёма стоков, для системы водоотведения Гомеля составили 41,6 % от общего расхода ЭЭ, или в натуральном выражении

24,2 тыс. кВт·ч/сут. Для систем водоотведения Витебска и Жлобина условно-постоянный расход ЭЭ формирует 60,1 % и 81,9 % электропотребления, или 19,2 и 5,9 тыс. кВт·ч/сут. соответственно. Установлено, что основной причиной роста условно-постоянной составляющей расхода ЭЭ в системе водоотведения является непрерывная работа воздуходувных установок станций очистки стоков. К примеру, для ПВКХ в Жлобине доля условно-постоянного расхода ЭЭ в общем электропотреблении, затрачиваемом на обработку сточных вод, оказалась самой большой в группе исследованных предприятий. Это объясняется дополнительной загрузкой воздуходувного оборудования за счёт очистки стоков, поступающих от Белорусского металлургического завода (БМЗ). В работе установлено практически линейное влияние объёма очищаемых стоков на рост условно-постоянного расхода ЭЭ, что отражается на рис. 3.

Таким образом, при равенстве объёмов перекачанных и очищенных стоков, как правило, наибольшее влияние на формирование электропотребления оказывает технологический фактор, что делает модернизацию насосного оборудования приоритетным энергосберегающим мероприятием. В случае, когда объёмы очищенных стоков превышают объёмы перекачанных, наибольший вес приобретают условно-постоянные расходы ЭЭ, что делает приоритетными энергосберегающие мероприятия, направленные на автоматизацию и модернизацию воздуходувного оборудования.

Для системы водоотведения Гомеля наибольший вклад в формирование общего и удельного расхода ЭЭ оказывает непосредственно перекачка стоков, составляющая 61,2 % от общего электропотребления. Увеличение объёмов стоков на 1 тыс. м<sup>3</sup> приводит к росту расхода ЭЭ на 305,9 кВт·ч. Для систем водоотведения Витебска и Жлобина удельные технологические расходы ЭЭ составили 92,7 и 74,8 кВт·ч/тыс. м<sup>3</sup> со степенью влияния на общее электропотребление 22,3 и 18,5 % соответственно.

Стоит отметить, что, несмотря на развитую систему ливневого водоотведения, атмосферные осадки попадают в сточные каналы, разбавляя стоки. Это приводит к снижению их плотности и облегчает транспортировку, что в свою очередь ведёт к повышению физико-химических показателей очистки и частичной разгрузке воздуходувного оборудования (при наличии регулирования процессов очистки).

Установлено влияние количества выпавших атмосферных осадков на формирование удельного

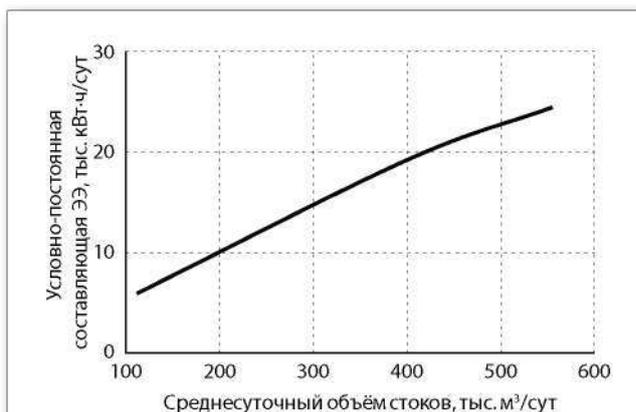


Рис. 3. Влияние среднесуточного объёма стоков на условно-постоянную составляющую расхода ЭЭ

и общего расхода ЭЭ в системе водоотведения Гомельского и Витебского ПВКХ. Для Гомельводоканала увеличение осадков на 1 мм приводит к уменьшению электропотребления на 192,5 кВт·ч, что за 2013 г. при количестве выпавших осадков 681 мм снизило общий расход ЭЭ на 131,1 тыс. кВт·ч, или 0,62 %. Для Витебскводоканала увеличение осадков на 1 мм приводит к уменьшению электропотребления на 152,86 кВт·ч. Годовой объём выпавших осадков привёл к снижению электропотребления на 104,3 тыс. кВт·ч, или 0,89 %.

Незначительное среднегодовое влияние атмосферных осадков связано с периодичностью их выпадения. Однако в период наиболее дождливых дней это влияние оказывается существенным. Так, например, за 2013 г. для Гомельводоканала, по данным Гомельского облгидромета, максимальное количество суточных осадков пришлось на 2 июня и составило 35,4 мм, что привело к снижению электропотребления на 6,81 тыс. кВт·ч, или на 12,8 % от общего суточного электропотребления, которое составило 53,17 тыс. кВт·ч. Для Витебскводоканала за 2014 г., по данным Витебскоблгидромета, максимальное выпадение осадков пришлось на 25 августа, что привело к снижению суточного электропотребления на 3,96 тыс. кВт·ч, или 13,0 % от общего расхода ЭЭ (30,4 тыс. кВт·ч).

Связь температуры наружного воздуха с удельным расходом ЭЭ и температурой поступающих на очистку стоков наблюдалась при предварительной обработке статистических данных (рис. 4).

Рост температуры наружного воздуха приводит к:  
♦ снижению гидравлических потерь напора за счёт уменьшения вязкости жидкости и, соответственно, к снижению общего и удельного расхода ЭЭ [5];

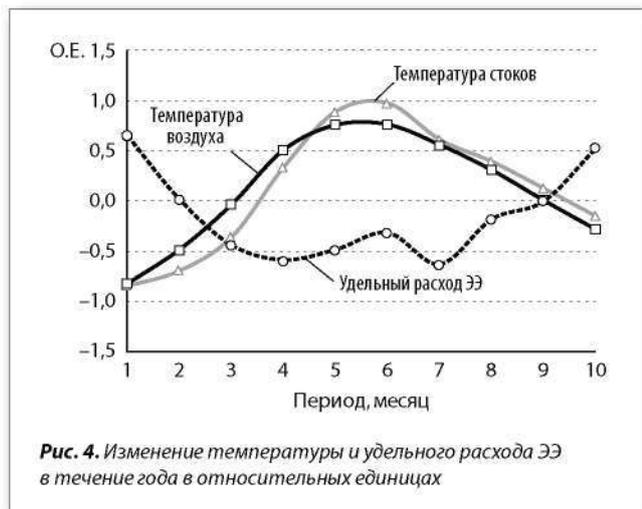


Рис. 4. Изменение температуры и удельного расхода ЭЭ в течение года в относительных единицах

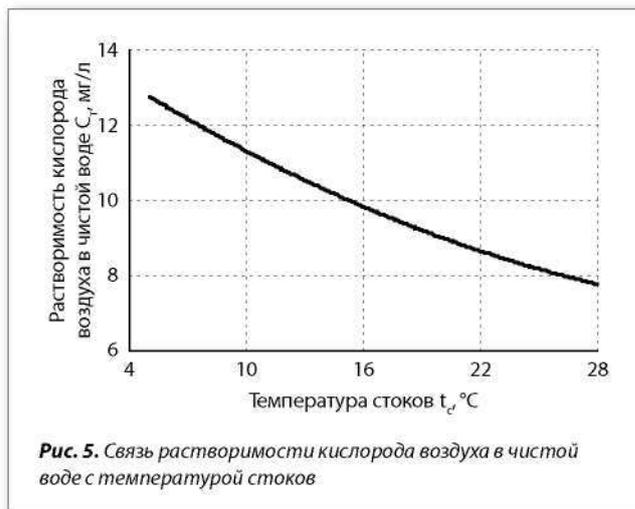


Рис. 5. Связь растворимости кислорода воздуха в чистой воде с температурой стоков

- ♦ снижению растворимости кислорода воздуха в воде (рис. 5) и, соответственно, к росту удельного расхода воздуха и ЭЭ [5, 6];
- ♦ снижению общепроизводственных расходов ЭЭ.

Таким образом, влияние температуры не имеет однозначного аналитического определения. С одной стороны, увеличение температуры приводит к снижению потребления ЭЭ, а с другой — к его росту. К примеру, в результате статистического анализа установлено, что для систем водоотведения Гомеля и Витебска рост температуры на 1 °С снижает расход ЭЭ на 172,3 и 96,0 кВт·ч, что составляет 2,7 и 2,32 % от общего электропотребления соответственно. Для системы водоотведения Жлобина положительный эффект от роста температуры оказался существенно ниже и составил 4,1 кВт·ч/°С, или 0,4 % от общего расхода ЭЭ. Такое отличие связано с тем, что система водоотведения Жлобина по нагрузке уступает Гомелю и Витебску в 3,8 и 2,5 раза соответственно, кроме того Уником не транспортирует стоки ОАО «БМЗ», а только производит их очистку. Это приводит к некоторому уменьшению положительного эффекта от роста температуры (снижения гидравлических потерь напора) и общепроизводственных расходов ЭЭ из-за повышения удельного расхода воздуха на 1 м<sup>3</sup> стоков и, соответственно, увеличения нагрузки на воздухоподводящее оборудование.

Влияние химического состава стоков на формирование общих и удельных затрат ЭЭ наблюдается только в системе водоотведения Витебска:

- ♦ увеличение концентрации БПК<sub>5</sub> на 1 мг/л приводит к росту электропотребления на 8,1 кВт·ч. При среднегодовом значении БПК<sub>5</sub> 321,95 мг/л прирост электропотребления составил 951,8 тыс. кВт·ч, или 8,44 %;

- ♦ увеличение концентрации ХПК на 1 мг/л приводит к росту электропотребления на 2,1 кВт·ч. При среднегодовом значении ХПК 751,5 мг/л прирост электропотребления составил 576,0 тыс. кВт·ч, или 4,94 %;
- ♦ увеличение концентрации NH<sub>4</sub> на 1 мг/л приводит к росту электропотребления на 49,2 кВт·ч. При среднегодовом значении NH<sub>4</sub> 48,92 мг/л прирост электропотребления составил 878,5 тыс. кВт·ч, или 7,25 %.

На рис. 6 приведены результаты оценки степени влияния факторов, формирующих общие и удельные расходы ЭЭ в системе водоотведения.

#### Влияние производственной программы на изменение общего и удельного расходов ЭЭ

Прогнозирование представляет собой начальный этап перспективного планирования [7]. Функции планирования и управления ЭЭФ на предприятиях дифференцируются в зависимости от периода времени [8]. Для Республики Беларусь перспективное планирование расходов ТЭР тесно связано с прогрессивным планированием. На основании ст. 1 Закона Республики Беларусь от 08.01.2015 № 239-З «Об энергосбережении» под прогрессивным нормируемым удельным расходом ТЭР понимается убывающий ряд значений норм расхода ТЭР, формирующийся на период от 1 года до 5 лет и соответствующий обоснованным предложениям по их снижению.

Отличительной особенностью перспективных норм расхода ТЭР от прогрессивных является именно то, что последние направлены исключительно на снижение удельных расходов ТЭР после формирования пятилетней программы энергосберегающих

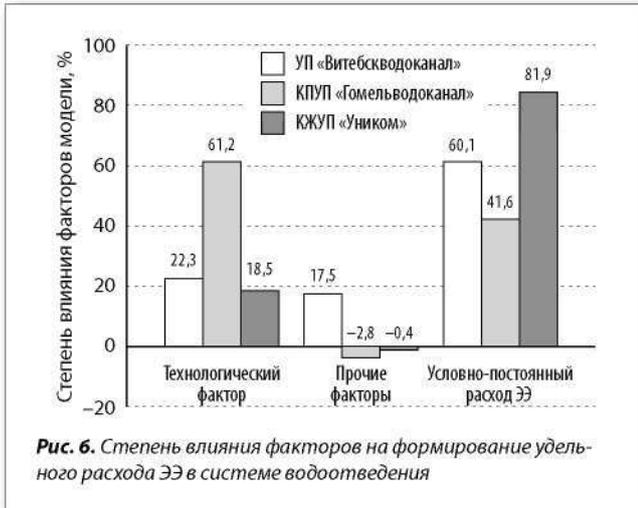


Рис. 6. Степень влияния факторов на формирование удельного расхода ЭЭ в системе водоотведения

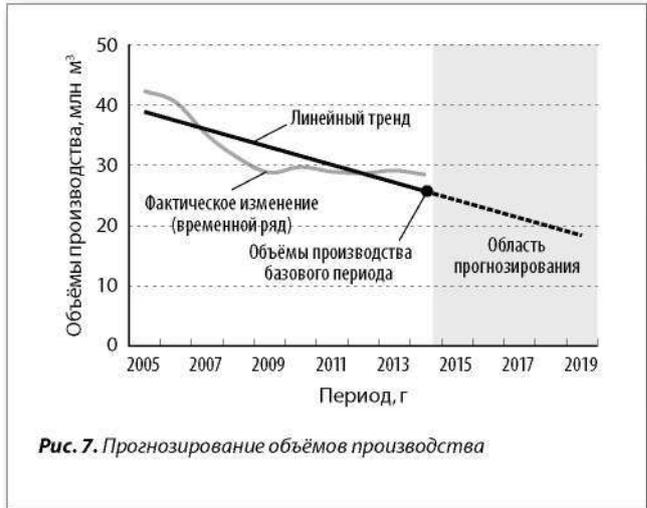


Рис. 7. Прогнозирование объёмов производства

мероприятий. Однако на практике возникают случаи роста удельного расхода ЭЭ после проведения мероприятий по энергосбережению, что обусловлено существенным влиянием объёмов производства на формирование удельного расхода ЭЭ.

Формирование перспективных норм расхода ЭЭ предлагается осуществлять после исследования динамики производственной программы, то есть совместно с составлением аддитивной модели временных рядов объёмов производства:

$$Q_{п,j}(t) = T(t) + \varepsilon_t \quad (7)$$

где  $Q_{п,j}(t)$  — планируемый годовой объём производства  $j$ -го вида продукции в расчётном году;

$\varepsilon_t$  — случайная величина, ошибка временной модели;

$T(t)$  — временной тренд:

$$T(t) = \beta_0 + \beta_1 \cdot t, \quad (8)$$

где  $t$  — исходные значения тренда, год;

$\beta_0$  — свободный член временного ряда;

$\beta_1$  — коэффициент регрессии временного ряда.

Иными словами, определяется общий вид тенденции изменения объёмов оказываемых услуг по перекачке и очистке стоков с построением линии тренда:

$$Q_{п,j}(t) = b_0 + b_1 \cdot t, \quad (9)$$

Поскольку производственные условия с течением времени меняются, оценка временных рядов позволит спрогнозировать поведение объёмов производства на период составления перспективных норм расхода ТЭР (рис. 7).

При оценке изменения объёмов производства предлагается использовать коэффициент роста,

который показывает, во сколько раз планируемый объём производства отличается от базового:

$$K_p(t_{п}) = \frac{Q_{п,j}(t_{п})}{Q_б} = \frac{b_0 + b_1 \cdot t_{п}}{Q_б}, \quad (10)$$

где  $Q_б$  — базовый объём производства, тыс. м<sup>3</sup>;  $t_{п}$  — значения тренда в прогнозируемом периоде, год.

За базовый период прогнозирования принимается последний год статистических наблюдений изменений объёмов производства. На рис. 7 принят 2014 г.

Переходя к удельной модели электропотребления, получим итоговую формулу прогнозирования удельного расхода ЭЭ, учитывающую изменение объёмов производства:

$$w_{yA}(t_{п}) = w_{yA,тех} + \frac{a \cdot x_2 + b \cdot x_3 + \dots + e \cdot x_j + W_{усл.п}}{K_p(t_{п}) \cdot Q_б} = w_{yA,тех} + \frac{W_{п.ф.} + W_{усл.п.}}{K_p(t_{п}) \cdot Q_б}, \quad (11)$$

### Выводы

1. Установлена связь между электропотреблением в системе городского водоотведения, объёмами и химическим составом стоков, температурой наружного воздуха и количеством атмосферных осадков.

2. Установлено, что при одинаковых объёмах перекачанных и очищенных стоков наибольшее влияние на формирование электропотребления, как правило, оказывает технологический фактор, что делает модернизацию насосного оборудования приоритетным энергосберегающим мероприятием. В том случае, когда объёмы очищенных стоков превышают объёмы перекачанных, наибольший вес

приобретает условно-постоянная составляющая затрат электроэнергии, обусловленная непрерывной работой воздухоудвигного оборудования станции очистки стоков, что делает приоритетными энергосберегающие мероприятия по ее автоматизации и модернизации.

3. Предложен способ, позволяющий учесть реальную динамику объёмов производства при прогнозировании удельного расхода электроэнергии. Способ основан на определении коэффициента роста, показывающего, во сколько раз планируемый объём производства отличается от базового. ■

## Литература

1. Грунтович Н. В. Экспериментальные методические рекомендации по расчёту норм расхода ТЭР в системах водоснабжения и водоотведения Республики Беларусь / Н. В. Грунтович, Н. В. Грунтович, А. А. Капанский / под. ред. зам. Министра Жилищно-коммунального хозяйства Республики Беларусь А. В. Шагуна. — Мн., 2015. — 97 С.
2. Грунтович Н. В. Расчётно-статистический метод оценки показателей энергоэффективности в технологических системах водоотведения / Н. В. Грунтович, А. А. Капанский // Актуальные проблемы электроэнергетики. Сборник статей Всероссийской научно-технической конференции. А. Б. Дарьенков (отв. редактор). — Н. Новгород, 2015 — С. 145–150.
3. Грунтович Н. В. Развитие методического обеспечения диагностирования и прогнозирования энергоэффективности технологических систем водоснабжения и водоотведения / Н. В. Грунтович, Д. Р. Мороз, А. А. Капанский. — Энергоэффективность. — 2015. — № 1. — С. 20–23.
4. Капанский А. А. Управление энергоэффективностью трубопроводных систем водоотведения на основе многофакторного моделирования режимов электропотребления / А. А. Капанский // Агротехника и энергообеспечение. — № 1 (10). — 2016. — С. 51–63.
5. Грунтович Н. В. Расчётно-аналитический метод нормирования расходов электрической энергии в технологических системах водоснабжения и водоотведения / Н. В. Грунтович, А. А. Капанский // Вестник ГГТУ им. П. О. Сухого. — 2015. — № 2. — С. 70–79.
6. Ласков Ю. М. и др. Примеры расчётов канализационных сооружений: Учеб. пособие для вузов / Ю. М. Ласков, Ю. В. Воронов, В. И. Калицун. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Стройиздат, 1987. — 255 с., ил.;
7. Организация, планирование и управление химическим предприятием: Учебник для вузов / А. П. Леошкин, С. К. Довилович, М. П. Сеницын и др. — Л.: Химия, 1982. — 368 с., ил.
8. Организация, планирование и управление предприятием химической промышленности: Учебник / Под ред. Н. П. Федоренко. — 3-е изд. перераб. и доп. — М.: Высшая школа, 1981. — 432 с., ил.

## НОВОЕ РЕШЕНИЕ СТАРЫХ ПРОБЛЕМ

# Инновационные подходы как наиболее эффективный механизм для существенного снижения затрат в коммунальном хозяйстве

Ю. С. Милейковский, главный метролог  
УП «Минскоммунтеплосеть»

## Введение

В последние годы проблема снижения затрат в коммунальном хозяйстве при производстве и транспортировке тепловой энергии является одной из самых актуальных в Республике Беларусь и Российской Федерации. При этом о приборах учёта тепловой энергии (теплосчётчиках) и затратах, связанных с их эксплуатацией и неточностью измерений, почему-то умалчивается, хотя, если разобраться, уровень этих

затрат просто зашкаливает. Связаны они с необходимостью:

- ◆ закупки приборов учёта;
- ◆ периодического эксплуатационного обслуживания;
- ◆ периодической поверки и связанных с ней демонтажём и последующим монтажом приборов;
- ◆ содержания дорогостоящих поверочных лабораторий, эталонных средств и многочисленных метрологических служб;
- ◆ компенсации затрат энергоснабжающей организации или потребителя по причине ошибок учёта.