



МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ ПОТРЕБНОСТИ В ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ НА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ НУЖДЫ В СФЕРЕ ВОДОСНАБЖЕНИЯ, ВОДООТВЕДЕНИЯ И ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД

Москва
2007

Методические рекомендации по определению потребности в электрической энергии на технологические нужды в сфере водоснабжения, водоотведения и очистки сточных вод предназначены для определения потребности в электрической энергии на технологические нужды при заборе воды из природных источников, для поддержания необходимого давления воды в сетях, а также при транспортировании (перекачке) и очистке воды и сточных вод.

Рекомендациями предусмотрены два взаимодополняющих метода определения потребности в электрической энергии. Первый метод - расчетный - основан на подробных технических расчетах. Второй метод - нормативный - основан на удельных нормах расхода электрической энергии.

Методология рекомендаций позволяет определить расход электрической энергии как отдельным агрегатом (электродвигатель насоса, воздухоудувный агрегат, др. электропотребители) или сооружением (водозабор, насосная станция, очистная станция), так и в целом по технологическому переделу.

Методические рекомендации могут быть использованы регулирующими органами, организациями коммунального комплекса при формировании производственных программ, определении финансовых потребностей для их реализации и расчете тарифов на водоснабжение и водоотведение.

Содержание

1. Общие положения
2. Определение потребности в электрической энергии расчетным методом
3. Определение потребности в электрической энергии нормативным методом
- Приложение Пример расчета потребности в электрической энергии на технологические нужды на услуги по водоснабжению (водоотведению)
Расчет расхода электроэнергии

1. Общие положения

1.1. Настоящие Методические рекомендации по определению потребности в электрической энергии на технологические нужды в сфере водоснабжения, водоотведения и очистки сточных вод (далее - Методические рекомендации) предназначены для определения потребности в электрической энергии на технологические нужды при заборе воды из природных источников, для поддержания необходимого давления воды в сетях, а также при транспортировании (перекачке) и очистке воды и сточных вод.

1.2. Методические рекомендации могут быть использованы регулирующими органами, организациями коммунального комплекса при формировании производственных программ, определении финансовых потребностей для их реализации и расчете тарифов в сфере водоснабжения, водоотведения и очистки сточных вод.

1.3. В настоящих Методических рекомендациях используются следующие основные понятия:

организация коммунального комплекса - юридическое лицо независимо от организационно-правовой формы, осуществляющее эксплуатацию системы коммунальной инфраструктуры, используемой для производства товаров (оказания услуг) в целях обеспечения водоснабжения, водоотведения и очистки сточных вод;

потребность в электрической энергии - технически обоснованное в существующих технологических условиях функционирования организации коммунального комплекса количество электрической энергии на технологические нужды;

технологические нужды - потребность в электрической энергии для работы основного и вспомогательного технологического оборудования, обеспечивающего устойчивое и безопасное функционирование объектов системы водоснабжения, водоотведения и очистки сточных вод, а также приборов, обеспечивающих бытовые потребности основного производственного персонала данных объектов;

объект - обособленно расположенное производственное подразделение или совокупность производственных подразделений, объединенных общим узлом учета электроэнергии. В случае, если насосные станции водоснабжения разных подъемов объединены общим узлом учета электроэнергии, то такие станции необходимо рассматривать как отдельные объекты. При этом очистные сооружения и вспомогательное оборудование, находящиеся на объединенных общим узлом учета электроэнергии насосных станциях, могут быть учтены в составе любой из этих станций.

1.4. Методическими рекомендациями предусмотрены два метода определения потребности в электрической энергии. Первый метод - расчетный - основан на подробных технических расчетах. Второй метод - нормативный - основан на удельных нормах расхода электрической энергии.

1.5. Применение любого из вышеуказанных методов определяется с учетом следующих положений.

1.5.1 Расчетный метод является наиболее точным и, вместе с этим, наиболее трудоемким по сравнению с нормативным методом. Трудоемкость расчетного метода может быть снижена за счет использования рекомендуемых значений некоторых показателей на случай отсутствия фактических данных. При этом необходимо учитывать, что точность расчета также может снизиться.

1.5.2. Нормативный метод может быть использован при отсутствии данных, необходимых для определения потребности в электрической энергии расчетным методом.

1.5.3. В отношении каждого из объектов системы водоснабжения, водоотведения и очистки сточных вод используется только один из методов. Допускается комбинирование расчетного и нормативного методов для различных обособленно расположенных объектов.

1.6. Потребность в электрической энергии определяется отдельно для технологического процесса водоснабжения и технологического процесса водоотведения и очистки сточных вод. Потребность в электрической энергии расчетным и нормативным методом определяется отдельно по каждому объекту.

1.7. При определении потребности в электрической энергии на технологические нужды используются следующие исходные данные:

- технологические схемы сооружений (водозаборы, насосные и очистные станции, станции подкачки и перекачки сточных вод, обработка осадка);
- техническая документация (основные характеристики и паспорта наиболее энергоемкого оборудования и результаты его фактических испытаний, пьезометрические отметки уровней воды в водоисточниках, резервуарах, осей насосов, манометров и мановакуумметров и др.);
- расчет годового объема подачи воды и отведения сточных вод.

2. Определение потребности в электрической энергии расчетным методом

2.1. Для использования расчетного метода при определении потребности в электрической

энергии дополнительно к указанной в п. 1.7. используется информация о режимах работы системы (выписки из журналов эксплуатации о суточных и часовых расходах воды, изменении уровня воды и давлений).

2.2. Годовой расход электрической энергии определяется как сумма расходов электрической энергии по всем видам оборудования, а также технически обоснованных потерь электрической энергии в сетях и силовых трансформаторах, находящихся на балансе организации коммунального комплекса.

2.3. Расчет годовой потребности в электрической энергии (кВтч/год) каждым насосным агрегатом производится путем суммирования расходов электрической энергии на каждом режиме работы агрегата по формуле:

$$W = 2,72 \times 10^{-3} \times \sum_{i=1}^n \left(\frac{Q_i \times H_i}{\eta_i} \times t_i \right)$$

где:

i - индекс, обозначающий режим работы агрегата;

n - количество режимов работы агрегата;

Q_i - производительность насоса в i -м режиме, куб.м/ч;

H_i - полный напор, развиваемый насосом, в i -м режиме, м;

η_i - коэффициент полезного действия агрегата в i -м режиме;

t_i - время работы агрегата в i -м режиме, ч/год;

2.4. Полный напор, развиваемый насосом, равен манометрическому напору с учетом разности скоростных напоров в напорном и всасывающем патрубках и определяется по формуле:

$$H = H_m \pm H_B + H_o + \frac{V_H^2 - V_B^2}{2 \times 9,81}$$

где:

H_m - показания манометра, м;

H_B - показания вакуумметра («-» соответствует избыточному положительному давлению, «+» - разрежению), м;

H_o - расстояние между местом установки манометра и вакуумметра по вертикали, м;

V_H, V_B - скорости жидкости в местах присоединения соответственно манометра и вакуумметра (определяются по расходу воды и площадям поперечного сечения напорного и всасывающего патрубков), м/с.

Поправка на скоростной напор может быть определена по замеренной производительности насоса и с учетом внутренних диаметров трубопроводов в местах измерения давления по формуле:

$$\frac{V_H^2 - V_B^2}{2 \times 9,81} = 0,0872 \times Q^2 \left(\frac{1}{d_2^4} - \frac{1}{d_1^4} \right)$$

где:

Q - подача насоса, куб.м/с;

d_1, d_2 - внутренние диаметры подводящего и отводящего трубопроводов в местах отбора давления, м.

2.5. Коэффициент полезного действия оборудования принимается по паспортным данным. Если имеются фактически замеренные характеристики агрегатов, то расчет может проводиться с их использованием. Коэффициент полезного действия агрегата зависит от КПД насоса, электродвигателя и передаточного устройства и определяется по формуле:

$$\eta = \eta_H \times \eta_{ДВ} \times \eta_{П}$$

где:

$\eta_n, \eta_{дв}, \eta_{п}$ - КПД соответственно насоса, электродвигателя и передачи. При соединении насоса с электродвигателем через упругую муфту КПД передачи принимается равным 1.

2.6. При вводе в действие новой насосной станции величины производительности насоса (Q) и полного напора (H) рекомендуется принимать по проекту исходя из трех режимов работы с максимальной, средней и минимальной подачей.

2.7. При определении потребности в электрической энергии на действующих насосных станциях на основе анализа данных журналов эксплуатации устанавливаются несколько режимов работы насосов и соответствующее время их работы. Для насосных станций первого подъема и станций по перекачке сточных вод выделяются 2 - 3 режима в течение года, а для насосных станций второго и последующих подъемов - несколько режимов в зависимости от неравномерности подачи каждого агрегата. Для получения представительной выборки данных рекомендуется использовать журналы эксплуатации насосных станций с записями ежечасной подачи и напора воды за 24 сут. (например, за 1-е и 15-е числа каждого месяца года), для насосных станций первого подъема - за 12 сут.

2.8. При расчете суммарного расхода электрической энергии насосными агрегатами каждой насосной станции должны соблюдаться условия равенства общей годовой подачи воды насосной станции и суммарной подачи всех агрегатов за год. Общая расчетная подача насосных станций второго подъема (а также насосных станций первого подъема, работающих непосредственно в сеть) должна равняться расчетной годовой подаче в сеть.

2.9. Расчет годовой потребности в электрической энергии (кВтч.) на работу воздухоподогревателя определяется по формуле:

$$W = \frac{34400 \times (p^{0,29} - 1) \times 736 \times Q \times D}{3600 \times 75 \times \eta}$$

где:

p - полное давление воздуха (атм), создаваемое воздухоподогревателем, определяется в соответствии с п. 2.10.;

Q - годовой объем очищаемой сточной воды, тыс. куб.м;

D - удельный расход воздуха на 1 куб.м очищаемой воды (куб.м), определяется в соответствии с п.2.11.;

η - КПД воздухоподогревателя, определяется в соответствии с п.2.13.

2.10. Полное давление воздуха (атм), создаваемое воздухоподогревателем, при отсутствии фактических данных определяется по формуле:

$$p = 1 + h_{mp} + h_{ф} + H/10,3$$

где:

h_{mp} - суммарная величина местных сопротивлений и сопротивления на трение в воздуховодах (принимается в размере 0,029 - 0,034 атм);

$h_{ф}$ - сопротивление в фильтрах (принимается в размере 0,048 - 0,077 атм);

H - глубина воды в аэротенке, м.

2.11. Удельный расход воздуха (куб.м_{возд}/куб.м_{воды}) определяется по формуле:

$$D = \frac{(L_{en} - L_{ex}) \times Z}{K_1 \times K_2 \times n_1 n_2 (C_p - C)}$$

где:

L_{en} - полная величина биохимического потребления кислорода (далее - БПК) поступающей на очистные сооружения сточной воды в среднем за год (мг/л), определяемая в соответствии с п.2.12.; при осуществлении предварительной аэрации и отстаивания к величине БПК сточной воды, поступающей в аэротенк, применяется поправочный коэффициент 0,53;

L_{ex} - БПК очищенной сточной воды в среднем за год, мг/л;

Z - удельный расход кислорода воздуха (мг/мг сниженного БПК), принимаемый при очистке до БПК_{полн} 15 - 20 мг/л - 1,1, при очистке до БПК_{полн} свыше 20 мг/л - 0,9;

K_1 - коэффициент, учитывающий тип аэратора и принимаемый для мелкопузырчатой аэрации в зависимости от соотношения площадей аэрируемой зоны и аэротенка по таблице 1, для среднепузырчатой и низконапорной $K_1 = 0,75$;

K_2 - коэффициент, зависящий от глубины погружения аэратора и определяемый по таблице 2;

n_1 - коэффициент, учитывающий температуру сточных вод, определяется в соответствии с п.2.14.;

n_2 - коэффициент, учитывающий физико-химические свойства сточной воды, принимаемый для городских сточных вод, не содержащих синтетических поверхностно-активных веществ (СПАВ), в размере 0,85; при наличии (СПАВ) - по таблице 1;

C_p - растворимость кислорода воздуха в воде (мг/л), определяется в соответствии с п.2.15.;

C - средняя концентрация кислорода в аэротенке, мг/л; принимается в размере не менее 2 мг/л.

Таблица 1

Значения коэффициентов K_1 и n_2 в зависимости от соотношения площадей аэрируемой зоны и аэротенка

Соотношение площадей аэрируемой зоны и аэротенка	0,05	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,75	1,0
K_1	1,34	1,47	1,68	1,89	1,94	2,0	2,13	2,3
n_2	0,59	0,59	0,64	0,66	0,72	0,77	0,88	0,99

Примечание: при промежуточном значении соотношения площадей аэрируемой зоны и аэротенка значения коэффициентов K_1 и n_2 определяются путем интерполяции.

Таблица 2

Значения коэффициента K_2 в зависимости от глубины погружения аэратора

Глубина погружения аэратора, м	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1	3	4	5	6
K_2	0,4	0,46	0,6	0,8	0,9	1	2,08	2,52	2,92	3,3

Примечание: при промежуточном значении глубины погружения аэратора значения коэффициентов K_2 определяются путем интерполяции.

2.12. При отсутствии данных лабораторного анализа БПК поступающей в аэротенк жидкости определяется по формуле:

$$L_{en} = \frac{\sum_{i=1}^n Q_i \times L_i}{\sum_{i=1}^n Q_i}$$

где:

Q_i - объем поступающей в аэротенк жидкости от i -ого абонента;

L_i - БПК поступающей в аэротенк жидкости от i -ого абонента.

n - количество абонентов.

БПК и объемы производственных сточных вод определяются на основании данных заключенных договоров. БПК бытовых сточных вод определяется по формуле:

$$L_{быт} = 75000/q$$

где:

q - удельный объем отведения сточной жидкости в расчете на одного человека, проживающего в многоквартирном или жилом доме, оборудованном канализацией (л/(чел.сут.)).

2.13. Значение КПД воздухоподогревателя определяется по формуле:

$$\eta = \eta_m \times \eta_{ад} \times \eta_{об} \times \eta_{дв}$$

где:

η_m - механический КПД, учитывающий потери на трение в подшипниках и другие аналогичные потери (при отсутствии данных принимается равным 0,97 - 0,99);

$\eta_{ад}$ - адиабатический КПД, учитывающий отношение работы адиабатического сжатия к полной действительной работе (при отсутствии данных принимается равным 0,6 - 0,75);

$\eta_{об}$ - объемный КПД, учитывающий утечки воздуха через уплотнения (при отсутствии данных принимается равным 0,95 - 0,99);

$\eta_{дв}$ - КПД электродвигателя.

2.14. Коэффициент, учитывающий температуру сточных вод, определяется по формуле:

$$n_t = 1 + 0,02(t - 20)$$

где:

t - среднемесячная температура сточных вод за летний период, °С. При отсутствии данных значение t принимается равным 20°С.

2.15. Растворимость кислорода воздуха в воде (мг/л) определяется по формуле:

$$C_p = C_t \times \frac{20,6 + h}{20,6}$$

где:

C_t - растворимость кислорода в воде (мг/л) в зависимости от температуры и атмосферного давления; определяется по таблице 3, при этом величину атмосферного давления рекомендуется принимать равным нормальному (760 мм рт.ст.);

h - глубина погружения аэратора, м.

Таблица 3

Растворимость кислорода в воде в зависимости от температуры при нормальном атмосферном давлении

Температура воды, °С	Растворимость кислорода в воде, мг/л
5	12,80
6	12,48
7	12,17
8	11,87
9	11,59
10	11,33
11	11,08
12	10,83
13	10,60
14	10,37
15	10,15
16	9,95
17	9,74
18	9,54
19	9,35
20	9,17
21	8,99
22	8,83

23	8,68
24	8,53

2.16. Расход электрической энергии (кВтч.) на работу прочего оборудования (электроприводы задвижек, грузоподъемных и транспортировочных механизмов, механических граблей, дробилок, дренажные насосы, насосы-дозаторы, электроотопление, освещение, вентиляция и др.), не относящегося к агрегатам, указанным в пп.2.3. и 2.9., определяется по формуле:

$$W = N \times k \times T,$$

где:

N - номинальная мощность агрегата, потребляющего электрическую энергию, кВт;

k - коэффициент загрузки агрегата (часть используемой номинальной мощности), определяемый опытным путем в процессе эксплуатации или пусконаладочных работ;

T - время работы агрегата в течение года, ч.

2.17. Потери электрической энергии (кВтч.) в силовых трансформаторах определяются по формуле:

$$W_T = (P_{х.х.} + P_{к.з.} \times k^2) T,$$

где:

$P_{х.х.}$, $P_{к.з.}$ - величины потерь мощности соответственно холостого хода и короткого замыкания, определяемые на основе паспортных данных, кВт;

k - коэффициент загрузки трансформатора;

T - время работы трансформатора в течение года, принимается равным 8760 ч.

2.18. Потери электрической энергии (кВтч.) в электрических сетях на участке от границ балансовой принадлежности до электрооборудования водопроводно-канализационного хозяйства определяется в размере 1% общего расхода электрической энергии, определенного в соответствии с настоящими рекомендациями.

2.19. В тех случаях, когда электрические сети и трансформаторы подают электрическую энергию на различные сооружения, потери энергии в них распределяются пропорционально расходу энергии на этих сооружениях.

3. Определение потребности в электрической энергии нормативным методом

3.1. Расход электрической энергии на перекачку и очистку воды (сточных вод) определяется путем суммирования расходов электрической энергии, потребляемой всеми насосными станциями (насосными станциями перекачки сточных вод) и очистными сооружениями водоснабжения (водоотведения) организации коммунального комплекса.

3.2. Расход электрической энергии отдельной насосной станцией на перекачку воды (сточных вод) определяется по формуле:

$$W = (W_n + W_{зр} + W_{др}) Q_r + W_{в.о.} + W_{вент.}$$

где:

W_n - удельный расход электрической энергии (кВтч/1000 куб.м), потребляемой насосной станцией на перекачку воды (сточных вод), определяемый в соответствии с таблицей 4;

$W_{зр}$, $W_{др}$ - удельный расход электрической энергии (кВтч/1000 куб.м) на работу соответственно механических граблей и (или) дробилки при наличии их в составе оборудования насосной станции перекачки сточных вод, определяемый в соответствии с таблицей 5;

Q_r - годовой объем перекачки воды (сточных вод) насосной станцией (тыс. куб.м);

$W_{в.о.}$ - годовой расход электрической энергии (тыс. кВтч.) на работу вспомогательного оборудования (электроприводы задвижек, грузоподъемных и транспортировочных механизмов, дренажных насосов, освещения и др.) насосной станции, определяемый в соответствии с таблицей 5;

$W_{вент}$ - годовой расход электрической энергии (тыс. кВтч.) на работу принудительной вентиляции при наличии ее в составе оборудования насосной станции перекачки сточных вод, определяемый в соответствии с таблицей 5.

Таблица 4

Удельный расход электрической энергии на перекачку воды (сточных вод)

Полный напор, м	Удельный расход электрической энергии, кВтч/1000 куб.м	
	Насосные станции водоснабжения	Насосные станции водоотведения
10	39	44
20	76	83
30	113	124
40	150	167
50	187	211
60	224	257
70	260	304
80	297	353
90	334	404
100	370	-
120	444	-
140	516	-
160	589	-
180	662	-
200	734	-
300	1094	-

Примечание:

1. При промежуточном значении полного напора значение удельного расхода электрической энергии определяется путем интерполяции.

2. При наличии на насосной станции частотного преобразователя к значению удельного расхода электрической энергии применяется коэффициент 0,9.

Таблица 5

Расход электрической энергии на работу вспомогательного оборудования насосной станции

Наименование показателя	Производительность насосной станции, тыс. куб.м/сут.					
	До 5	6-25	26-50	51-100	101-200	Свыше 200
Расход электрической энергии, тыс. кВтч. в год	5	47	90	185	310	400
Дополнительный расход электрической энергии при наличии на станции перекачки сточных вод следующего оборудования:						
- вентиляция, тыс. кВтч. в год	2	6	10	15	20	25
- механические грабли, кВтч./1000 куб.м	22,5					
- дробилка, кВтч./1000 куб.м	31,5					

Примечание: расход электрической энергии на отопление укрупненными нормативами не предусмотрен, его необходимо определять в соответствии с п.2.16. настоящих рекомендаций.

3.3. Расход электрической энергии очистными сооружениями водоснабжения определяется в зависимости от применения различных способов очистки и их сочетаний по формуле:

$$W = (W_M + W_{OB}) Q + W_{OMO} + W_{BO},$$

где:

W_M - показатель удельного расхода электрической энергии (кВтч./куб.м) на механическую очистку, глубокое осветление и обесцвечивание воды;

W_{OB} - показатель удельного расхода электрической энергии (кВтч./куб.м) на обеззараживание воды;

Q - годовой объем очищаемой воды, тыс. куб.м.;

W_O - удельный расход электрической энергии на озонирование воды, кВтч/кг озона;

M_O - количество расходуемого озона, кг;

W_{BO} - годовой расход электрической энергии вспомогательным оборудованием очистных сооружений, кВтч.

Таблица 6

Удельный расход электрической энергии оборудованием очистных сооружений водоснабжения

Наименование показателя	Производительность станции, тыс. куб.м/сут.				
	до 25	26-50	51-100	101-300	Свыше 300
Удельный расход электрической энергии на механическую очистку, глубокое осветление и обесцвечивание воды, кВтч/1000 куб.м	30	26	22	16	7,5
Удельный расход электрической энергии на обеззараживание подземных вод бактерицидными установками, кВтч/1000 куб.м	35				
Удельный расход электрической энергии на озонирование воды, кВтч/кг озона	26,5				
Удельный расход электрической энергии (кВтч/1000 куб.м) на обеззараживание воды методом электролиза в зависимости от ее типа:					
- подземные воды	10				
- поверхностные воды	25				
Расход электрической энергии на работу вспомогательного оборудования, тыс. кВтч. в год	14	29	42	58	68

3.4. Расход электрической энергии очистными сооружениями водоотведения определяется в зависимости от применения различных способов очистки и их сочетаний по формуле:

$$W = W_B L + W_M Q + W_{\varphi} V_{\varphi} + W_B V_B + W_T M_T,$$

где:

W_B , W_M , W_{φ} , W_B , W_T - показатели удельного расхода электрической энергии соответственно на биологическую очистку, механическую очистку, центрифугирование осадка, вакуум-фильтрацию осадка, термическую сушку осадка, определяемые в соответствии с таблицей 7;

L - годовое количество БПК₅, кг;

Q - годовой объем сточных вод, очищаемых механическим способом, тыс. куб.м.;

V_{φ} , V_B - объем осадка, подаваемого соответственно на центрифугирование и вакуум-фильтрацию осадка, куб.м;

M_m - количество испаряемой влаги при термической сушке осадка, т.

Таблица 7

Удельный расход электрической энергии оборудованием очистных сооружений водоотведения

Наименование показателя	Производительность станции, тыс. куб.м/сут.
-------------------------	---

	До 25	50	100	300	Свыше 300
Удельный расход электрической энергии на биологическую очистку, кВтч/кг БПК ₅	4,1	3,2	2,25	1,67	1,35
Удельный расход электрической энергии на механическую очистку, кВтч/1000 куб.м	180	143	103	65	45
Удельный расход электрической энергии (кВтч/1000 куб.м) на обеззараживание сточных вод	50				
Удельный расход электрической энергии на центрифугирование осадка, кВтч/куб.м подаваемого осадка	1,5				
Удельный расход электрической энергии на вакуум-фильтрацию осадка, кВтч/куб.м подаваемого осадка	2				
Удельный расход электрической энергии на термическую сушку осадка в сушилках со встречными струями, кВтч/т испаряемой влаги	35				
Расход электрической энергии на работу вспомогательного оборудования, тыс. кВтч. в год	14	35	50	70	82

Примечание:

1. При промежуточном значении производительности станции значение удельного расхода электрической энергии определяется путем интерполяции.

2. Удельные расходы электрической энергии даны с учетом перекачки сточных вод и осадков в пределах территории очистных сооружений. На перекачку сточных вод и осадков за пределы территории очистных сооружений расход электрической энергии определяется дополнительно.

3. Удельный расход электрической энергии на воздухоподувные агрегаты дан для условия поддержания в аэротенках концентрации растворенного кислорода 3-4 мг/л.

4. При наличии в составе сооружений аэробных стабилизаторов к величине удельного расхода электрической энергии на воздухоподувки необходимо применить коэффициент 1,5.

3.6. Потери электрической энергии в силовых трансформаторах принимаются в размере до 2,6% номинальной мощности. Потери электрической энергии в сетях на участке от трансформаторной подстанции до потребителя принимаются в размере до 1% от общего расхода электрической энергии.

Приложение

Пример расчета потребности в электрической энергии на технологические нужды на услуги по водоснабжению (водоотведению)

Показатели, необходимые для расчета потребности в электрической энергии организации коммунального комплекса, приведены в таблице 1.

Таблица 1

Наименование объекта, оборудования	Суточная производительность, тыс. куб. м	Годовая производительность, тыс. куб. м	Полный напор, м	КПД	Коэффициент загрузки	Время работы в году, ч	Номинальная мощность, кВт
1. Артезианский водозабор	9,4	3444	148				
1.1. Скважины №№ 1, 6		346	145	78		8640	
1.2. Скважины №№ 2, 7		344	150	81		8600	
1.3. Скважины №№ 3, 8		345	150	83		8616	
1.4. Скважины №№ 4, 9		348	150	80		8688	
1.5. Скважины №№ 5, 10		340	150	75		8500	
1.6. Прочее					0,7	8760	9

оборудование							
2. Насосная станция 1-го подъема водозабора из поверхностного источника	60	22067	21				
2.1. Режимы работы: - 1420 куб.м/час		710	19	76		500	
-2130 куб.м/час		6305	20	78		2960	
- 2840 куб.м/час		15052	22	79		5300	
2.2. Вспомогательное оборудование					0,7	8760	20
3. Очистная станция водоснабжения	56	20466					
3.1. Основное оборудование					0,85	8760	120
3.2. Вспомогательное оборудование					0,7	8760	8
4. Насосная станция 2-го подъема	56	20466	75				
4.1. Режимы работы: - 1100 куб.м/час		550	72	71		500	
-1650 куб.м/час		1040	74	73		1000	
- 2200 куб.м/час		1386	75	75		1500	
- 2750 куб.м/час		7590	75	76		2760	

Наименование объекта, оборудования	Суточная производительность, тыс. куб. м	Годовая производительность, тыс. куб. м	Полный напор, м	кпд	Коэффициент загрузки	Время работы в году, ч	Номинальная мощность, кВт
- 3300 куб.м/час		9900	76	78		3000	
4.2. Вспомогательное оборудование					0,7	8760	26
5. Станция перекачки сточных вод № 1	35	12616	53				
5.1. Режимы работы: - 800 куб.м/час		800	46	66			
- 1200 куб.м/час		1800	51	67			
- 1600 куб.м/час		10016	54	69			
5.2. Вентиляция					0,9	8760	1,5
5.3. Механические грабли					0,8	8760	35
5.4. Прочее оборудование					0,9	8760	14
6. Станции перекачки сточных вод №№ 2, 3	16	5916	32				
6.1. Режимы работы - 300 куб.м/час		450	28	64		1500	
- 600 куб.м/час		2136	30	67		3560	
- 900 куб.м/час		3330	34	70		3700	
6.3. Вентиляция					0,65	8760	1,5
6.4. Прочее оборудование					0,9	8760	7
7. Станция очистки сточных вод	67	24448					
7.1. Биологическая очистка стоков							
7.2. Механическое обезвоживание осадка					0,9	8760	17
7.3. Прочее оборудование					0,65	8760	8

Расчет расхода электроэнергии

1. Артезианские скважины. Для упрощения расчета насосы сгруппированы в пары с одинаковыми техническими характеристиками, режим работы каждого насоса постоянный в течение года. При расчете нормативным методом была произведена интерполяция удельного расхода электрической энергии, так как средняя величина полного напора насосной станции составляет промежуточное значение (148 м) между указанными в таблице 4.

Годовой расход электрической энергии на водозаборе подземных вод, кВтч.

Наименование оборудования	Расчетный метод	Нормативный метод
Насосы №№ 1,2	$2 \left(2,72 \times 10^{-3} \frac{40 \times 145}{0,78} 8640 \right) = 349499$	$502 \times 3444 = 1728888$
Насосы №№ 3, 4	$2 \left(2,72 \times 10^{-3} \frac{40 \times 145}{0,81} 8600 \right) = 337490$	
Насосы №№ 5, 6	$2 \left(2,72 \times 10^{-3} \frac{40 \times 150}{0,83} 8616 \right) = 338827$	
Насосы №№ 7, 8	$2 \left(2,72 \times 10^{-3} \frac{40 \times 150}{0,8} 8688 \right) = 354470$	
Насосы №№ 9, 10	$2 \left(2,72 \times 10^{-3} \frac{40 \times 150}{0,75} 8500 \right) = 369920$	
Вспомогательное оборудование	$9 \times 0,7 \times 8760 = 55188$	47000
Итого:	1805394	1775888

2. Насосная станция 1-го подъема водозабора из поверхностного источника. Станция оборудована четырьмя (не считая резервных) насосами типа 1Д производительностью 710 куб.м/час. каждый.

Наименование режима работы	Расчетный метод	Нормативный метод
Режим 1420 куб.м/ч. (два насоса в работе)	$2,72 \times 10^{-3} \times \frac{1420 \times 19}{0,76} 500 = 48280$	$80 \times 22067 = 1765360$
Режим 2130 куб.м/ч. (три насоса в работе)	$2,72 \times 10^{-3} \times \frac{2130 \times 20}{0,78} 2960 = 439719$	
Режим 2840 куб.м/ч. (четыре насоса в работе)	$2,72 \times 10^{-3} \times \frac{2840 \times 22}{0,79} 5300 = 1140141$	
Вспомогательное оборудование	$20 \times 0,7 \times 8760 = 122640$	185000
Итого:	1750780	1950360

3. На очистных сооружениях водозабора из поверхностного источника производится механическая очистка, глубокое осветление, обесцвечивание воды и ее обеззараживание

методом электролиза. При этом 1600 тыс. куб.м воды в год используется на собственные нужды.

Расчетный метод:

$$W = (N_{осн}k_{осн} + N_{всп}k_{всп})T = (120 \times 0,85 + 8 \times 0,7) \times 8760 = 942576.$$

Нормативный метод:

$$W = (W_M + W_Э)Q + W_{B0} = (22 + 25) \times 20466 + 42000 = 1003902.$$

4. Насосная станция 2-го подъема, расположенная на территории водозабора из поверхностного источника. Станция оборудована шестью (не считая резервных) насосами типа 2Д производительностью 550 куб.м/час. каждый.

Наименование режима работы	Расчетный метод	Нормативный метод
Режим 1100 куб.м/ч. (два насоса в работе)	$2,72 \times 10^{-3} \times \frac{1100 \times 72}{0,71} 500 = 151707$	$279 \times 0466 = 5710014$
Режим 1650 куб.м/ч. (три насоса в работе)	$2,72 \times 10^{-3} \times \frac{1650 \times 74}{0,73} 1000 = 454948$	
Режим 2200 куб.м/ч. (четыре насоса в работе)	$2,72 \times 10^{-3} \times \frac{2200 \times 75}{0,75} 1500 = 897600$	
Режим 2750 куб.м/ч. (пять насосов в работе)	$2,72 \times 10^{-3} \times \frac{2750 \times 75}{0,76} 2760 = 2037316$	
Режим 3300 куб.м/ч. (шесть насосов в работе)	$2,72 \times 10^{-3} \times \frac{3300 \times 76}{0,78} 3000 = 2623754$	
Вспомогательное оборудование	$26 \times 0,7 \times 8760 = 159432$	185000
Итого:	6324757	5895014

5. Потери электрической энергии в трансформаторе. Все электрооборудование водозабора из поверхностного источника водоснабжения подключено к трансформатору мощностью 1000 кВА, потери холостого хода которого согласно паспортным данным составляют 5,1 кВт, потери короткого замыкания - 15 кВт. Коэффициент загрузки трансформатора равен 1,2.

Расчетный метод:

$$W_T = (5,1 + 15 \times 1,2^2)8760 = 233892.$$

Нормативный метод:

$$W_T = 0,026 \times 1000 \times 8760 = 227760.$$

6. Насосная станция перекачки сточных вод № 1 оборудована четырьмя насосами типа СМ производительностью 400 куб.м/час каждый. Помимо этого станция оборудована принудительной вентиляцией и механическими граблями.

Наименование режима работы	Расчетный метод	Нормативный метод
Режим 800 куб.м/ч. (два насоса в работе)	$2,72 \times 10^{-3} \times \frac{800 \times 46}{0,66} 1000 = 151661$	$224 \times 12616 = 2825984$

Режим 1200 куб.м/ч. (три насоса в работе)	$2,72 \times 10^{-3} \times \frac{1200 \times 51}{0,67} 1500 = 372681$	
Режим 1600 куб.м/ч. (четыре насоса в работе)	$2,72 \times 10^{-3} \times \frac{1600 \times 54}{0,69} 6260 = 2132102$	
Вспомогательное оборудование, в том числе: - вентиляция	$1,5 \times 0,9 \times 8760 = 11826$	10000
- механические грабли	$35 \times 0,8 \times 8760 = 245280$	$22,5 \times 12616 = 283860$
- прочее	$14 \times 0,9 \times 8760 = 110376$	90000
Итого:	3023926	3209844

7. Насосные станции перекачки сточных вод №№ 2 и 3 оборудованы насосами типа СМ производительностью 300 куб.м/час каждый. Станции также оборудованы принудительной вентиляцией.

Наименование режима работы	Расчетный метод	Нормативный метод
Режим 300 куб.м/ч. (один насос в работе)	$2,72 \times 10^{-3} \times \frac{300 \times 28}{0,64} 1500 = 53550$	$132 \times 5916 = 780912$
Режим 600 куб.м/ч. (два насоса в работе)	$2,72 \times 10^{-3} \times \frac{600 \times 30}{0,67} 3560 = 260146$	
Режим 900 куб.м/ч. (три насоса в работе)	$2,72 \times 10^{-3} \times \frac{900 \times 34}{0,7} 3700 = 439941$	
Вспомогательное оборудование, в том числе: - вентиляция	$1,5 \times 0,65 \times 8760 = 8541$	6000
- прочее	$7 \times 0,9 \times 8760 = 55188$	47000
Итого:	817366	833912

8. Станция очистки сточных вод.

Для упрощения расчета допускается, что поступающие на очистные сооружения сточные воды включают бытовые и близкие к ним по составу производственные стоки. Таким образом, величина биохимического потребления кислорода поступающих стоков составит:

$$L_{en} = 75000/230 = 326 \text{ мг/л.}$$

Величина биохимического потребления кислорода очищенной жидкости принимается равной 15 мг/л. Соотношение площадей аэрируемой зоны и аэротенка составляет 0,75, следовательно согласно таблице 1 значения K_1 и n_2 соответственно составят 2,13 и 0,88. Глубина погружения аэратора 3 м, следовательно согласно таблице 2 значение коэффициента K_2 составит 2,08. Средняя температура сточных вод за летний период составляет 20°C, следовательно коэффициент n_1 равен 1. Средняя концентрация кислорода в аэротенке составляет 3 мг/л.

Среднегодовая температура сточных вод составляет 16 °C, следовательно растворимость кислорода в воде согласно таблице 3 составит 9,95 мг/л. Растворимость кислорода воздуха в воде составит:

$$C_p = 9,95 \times \frac{20,6 + 3}{20,6} = 11,4 \text{ мг / л}$$

Расход воздуха на 1 куб. м очищаемой воды составит:

$$D = \frac{(L_{en} - L_{ex})Z}{K_1 K_2 n_1 n_2 (C_h - C)} = \frac{(326 - 15)1,1}{2,13 \times 2,08 \times 1 \times 0,88(11,4 - 3)} = 10,4 \text{ куб.м}$$

Принимая значения местных сопротивлений на трение в воздухопроводах и сопротивления в фильтрах равными соответственно 0,03 и 0,06 атм. полное давление воздуха, создаваемое воздуходувным агрегатом, составит:

$$p = 1 + 0,03 + 0,06 + 3/10,3 = 1,38 \text{ атм.}$$

КПД воздуходувного агрегата, учитывающий механический (0,98), адиабатический (0,68), объемный (0,98) КПД и КПД электродвигателя (0,95) составит: $0,98 \times 0,68 \times 0,98 \times 0,95 = 0,62$.

Учитывая объем очищаемой сточной воды, равный суммарному объему перекачки сточных вод канализационными насосными станциями годовая потребность в электрической энергии на работу воздуходувного агрегата составит:

$$W = \frac{34400(1,38^{0,29} - 1)736 \times 24448 \times 10,4}{3600 \times 75 \times 0,62} = 3764994 \text{ кВтч}$$

Расчет расхода электрической энергии на биологическую очистку нормативным методом. Биохимическая потребность в кислороде за 5 суток составляет 41 г/куб.м¹. Производительность очистных сооружений составляет 67 тыс. куб.м/сут., следовательно согласно таблице 7 интерполированное значение удельного расхода электрической энергии на биологическую очистку составит 2,6 кВтч/кг БПК₅. Годовая потребность в электрической энергии на биологическую очистку составит: $0,041 \times 24448 \times 10^3 \times 2,6 = 2606157 \text{ кВтч}$.

Механическое обезвоживание осадка методом центрифугирования.

Расчетный метод:

$$17 \times 0,9 \times 8760 = 134028 \text{ кВтч.}$$

Нормативный метод.

Удельный объем осадка в сточных водах составляет около 0,35%. Таким образом, годовое количество осадка, выпадающего в процессе очистки сточных вод, составляет 85000 куб.м. Годовая потребность в электрической энергии составит:

$$1,5 \times 85000 = 127500 \text{ кВтч.}$$

Прочее оборудование станции очистки сточных вод.

Расчетный метод:

$$8 \times 0,65 \times 8760 = 45552 \text{ кВтч.}$$

Нормативный метод.

Учитывая производительность станции очистных сооружений, равную 67 тыс. куб.м/сут., расход электрической энергии на работу вспомогательного оборудования в соответствии с таблицей 7 составит 43 тыс. кВтч.

¹ Данный показатель определяется на основании анализа сточных вод, в примере приведена нормативная величина. В бытовых и близких к ним по составу производственных сточных водах за первые пять суток потребляется около 87,5% кислорода, необходимого для окисления.

В результате расчета годовая потребность в электрической энергии на технологические нужды водопроводно-канализационного хозяйства с учетом потерь в сетях, равных 1% общего расхода, составит (Таблица 2).

Таблица 2

Наименование направления расхода электрической энергии	Расчетный метод, кВтч.	Нормативный метод, кВтч.
--	------------------------	--------------------------

Артезианские скважины	1805394	1775888
Насосная станция 1-го подъема водозабора из поверхностного источника	1750780	1950360
Очистные сооружения водозабора из поверхностного источника	942576	1003902
Насосная станция 2-го подъема	6324757	5895014
Потери электрической энергии в трансформаторе	233892	227760
Насосная станция перекачки сточных вод № 1	3023926	3209844
Насосная станция перекачки сточных вод № 2	817366	833912
Насосная станция перекачки сточных вод № 3	817365	833912
Станция очистки сточных вод - всего, в т.ч:	3944574	2776657
- биологическая очистка стоков	3764994	2606157
- механическое обезвоживание осадка	134028	127500
- прочее оборудование станции	45552	43000
Потери электрической энергии в сетях	196581	183219
Итого:	19857211	18690468