

# ПРОМЫШЛЕННАЯ ЭНЕРГЕТИКА

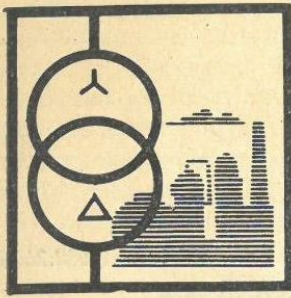


РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

**Е. Ф. Акулов, О. Н. Багров, Б. Д. Белый, Я. М. Большам, С. И. Веселов** (главный редактор), **В. Л. Громова, Е. А. Джапаридзе, Г. А. Жуков, В. С. Зобин, А. Н. Иванов, Б. А. Константинов, С. С. Лазарев, П. В. Макеев, В. В. Михайлов, М. Р. Найфельд, М. Н. Павлов, Ю. Л. Рыжнев, Б. В. Сазанов, Г. В. Сербиновский** (зам. главного редактора), **Б. А. Соколов, Л. Э. Ферберов** (ответственный секретарь), **И. А. Шадружин.**



Адрес редакции: Москва, К-12, Б. Черкасский пер., 2/10. Телефон 221-66-04.



# ПРОМЫШЛЕННАЯ ЭНЕРГЕТИКА

ОРГАН МИНИСТЕРСТВА ЭНЕРГЕТИКИ И ЭЛЕКТРИФИКАЦИИ СССР  
И ЦЕНТРАЛЬНОГО ПРАВЛЕНИЯ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЩЕСТВА  
ЭНЕРГЕТИКИ И ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

3

1972

Март

Журнал основан в 1944 году

## СОДЕРЖАНИЕ

### ЭКОНОМИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ

- С. А. Шейдин — Рациональное использование электроэнергии на металлургическом комбинате . . . . . 2  
 П. А. Денисов — Улучшение технико-экономических показателей работы установок осушки воздуха УОВ-30 . . . . . 4  
 В. А. Ястребов — Опыт организации работы энергослужбы производственного объединения . . . . . 5

### ЭКСПЛУАТАЦИЯ ЭНЕРГОХОЗЯЙСТВА

- Н. И. Алексеев, А. Н. Кузнецов — Опыт эксплуатации тяговых передвижных полупроводниковых агрегатов . . . . . 8  
 С. У. Гафаров, А. А. Зяблов — Применение статических преобразовательных агрегатов на экскаваторах ЭКГ-8 . . . . . 10  
 Е. И. Окунов, И. И. Кан, А. И. Дорофеев — Прецизионный полупроводниковый стабилизатор напряжения переменного тока . . . . . 11  
 В. Н. Пеклер, А. А. Заварухин, Л. С. Копылков, Ф. А. Шапиро — Упрощенное устройство телеотключения типа УУТО-1 . . . . . 12  
 Ю. Д. Сибикин, А. Л. Сорокин — Повышение эксплуатационной надежности силовых трансформаторов первых выпусков . . . . . 14  
 В. Н. Матков — Вопросы электробезопасности на предприятиях легкой промышленности . . . . . 15  
 Н. И. Жуков, А. В. Фомичев — Применение высокотемпературных теплоносителей для гидравлических прессов с нагреваемыми плитами . . . . . 16  
 Л. Е. Вайзель, В. Н. Перепелкин — Опыт наладки газомазутных горелок . . . . . 18  
 В. Н. Кириленко — Автоматика безопасности турбинных газовых горелок . . . . . 19  
 Л. П. Гагин — Влияние уровня жидкого азота на режим кипения кислорода в длиннотрубных конденсаторах . . . . . 20

- Э. Д. Анайко, В. А. Холодный, В. К. Заставнюк, Д. А. Дюдин, А. М. Кондратюк — Исследование оборотных циклов водоснабжения установок непрерывной разливки стали . . . . . 22

### ПРОЕКТИРОВАНИЕ И МОНТАЖ ЭНЕРГОУСТАНОВОК

- Л. М. Зельбург — О нормативном коэффициенте эффективности капиталовложений в промышленную энергетику . . . . . 25  
 Л. П. Падалко — О нормативном коэффициенте эффективности капитальных вложений . . . . . 26  
 М. А. Лутфуллин — Об экономической эффективности применения комплектных конденсаторных установок с автоматическим регулированием мощности . . . . . 27  
 М. В. Грейсух — Выбор оптимальной мощности трансформаторов с учетом динамики нагрузки . . . . . 29  
 Н. И. Медведский, Е. А. Лесман — О выборе шинопроводов по потере напряжения . . . . . 33  
 Р. Г. Астратов, Б. И. Кудрин — О проектировании электро-ремонтного хозяйства металлургических заводов . . . . . 34  
 П. А. Долин — Емкость тела человека относительно земли . . . . . 36  
 Е. И. Дорман, Л. М. Ляховер, В. Н. Петров, П. Г. Кауфман, А. В. Дубровин, Я. Ф. Рабинович, М. Е. Падучев — О выборе конструкции котла-утилизатора для печей цветной металлургии . . . . . 38  
 С. К. Писаренко — Некоторые вопросы регулирования производительности насосных станций . . . . . 43

### ХРОНИКА

- Перечень основных нормативных документов, на которые имеются ссылки в параграфах ПТЭ и ПТБ при эксплуатации электроустановок потребителей . . . . . 45  
 Некролог — Ефим Абрамович Руссаковский . . . . . 46

Находящиеся в очереди требования занимают свободные приборы в порядке их освобождения с учетом соответствия характера требования (типоразмера двигателя) освобожденному прибору. Приходящие в ремонт двигателя обслуживаются в порядке очередности поступления с учетом предпочтительности (наличие приоритета) части требований.

Следовательно, применительно к электроремонтному цеху металлургического завода систему массового обслуживания следует охарактеризовать как многофазную многоканальную систему смешанного типа из разнотипных приборов, начинающих обслуживание в порядке освобождения и очередности, в которую поступает неограниченный поток требований, обслуживаемый с учетом приоритета [Л. 2].

Математическое описание рассматриваемой схемы в общем виде достаточно затруднительно, а получающиеся аналитические зависимости очень громоздки и неприемлемы для обычной практики проектирования. Для определения показателей эффективности необходимо сведение ее к частным, более простым системам.

Отдельные участки по принятой схеме технологического процесса ремонта могут быть в первом приближении отнесены к какой-либо из следующих систем:

1. Система массового обслуживания с ожиданием при  $\alpha < n$  [Л. 3]. Каждый из  $n$  приборов способен обслуживать одно требование. Каждое вновь поступившее требование, застав все приборы занятыми, становится в очередь и находится в ней до тех пор, пока не освободится какой-либо из приборов. При наличии свободных приборов требование обслуживается сразу.

2. Система массового обслуживания с ограничениями на длину очереди требований в системе. Каждое вновь поступившее требование, застав все приборы занятыми, становится в очередь только в том случае, если в ней находится менее  $m$  заявок. Если число требований в очереди равно  $m$ , прибывшее требование покидает систему необслуженным [Л. 4].

Вероятности состояния систем определяются по известным формулам теории массового обслуживания.

Общий порядок расчета рабочих мест отделений и участков электроремонтного цеха представляется следующим. Укрупненно определяется общая трудоемкость ремонта с использованием основных и вспомогательных критериев по уравнению (1) или (2). Зная эффективный годовой фонд времени одного рабочего и коэффициент использования этого времени, определяем необходимое число рабочих. Для отделений и участков число рабочих может быть определено исходя из процентного распределения трудоемкостей по видам работ. Затем в зависимости от принятой технологической схемы и наличия площадей производят расчет, рассматривая отделение как систему массового обслуживания с ожиданием или как систему с ограничениями на длину очереди.

После окончания расчета приборов обслуживания по отделениям анализируют реальный входящий поток (см. таблицу) и добавляют рабочие места (станки, стенды и др.) для обеспечения ремонта двигателей всех типоразмеров. Количество рабочих при этом не меняется или меняется незначительно.

Расчет, проведенный с применением теории массового обслуживания для электроремонтного цеха III величины, показал необходимость изменения количества рабочих мест по отделениям и участкам цеха. Одновременно оказалось возможным снизить общее количество рабочих на 8—10%.

Таким образом, при проектировании электроремонтных цехов современных металлургических заводов оптимальное решение может быть получено при использовании математического аппарата теории массового обслуживания.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Кудрин Б. И., К вопросу о проектировании электроремонтных цехов металлургических заводов, «Промышленная энергетика», 1969, № 11.
2. Сб. «Электрификация металлургических предприятий Сибири», под ред. И. Д. Кутявина и др., изд. Томского государственного университета, 1971.
3. Вентцель Е. С., Теория вероятностей, изд-во «Наука», 1969.
4. Новиков О. А., Петухов С. И., Прикладные вопросы теории массового обслуживания, изд-во «Советское радио», 1969.

УДК 613.167:621.3.011.4.00†

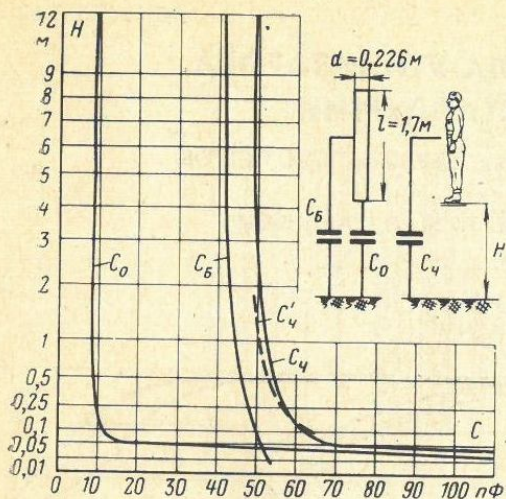
## ЕМКОСТЬ ТЕЛА ЧЕЛОВЕКА ОТНОСИТЕЛЬНО ЗЕМЛИ

Канд. техн. наук П. А. ДОЛИН  
Московский энергетический институт

При оценке защитной способности костюма, экранящего человека от воздействия электрического поля, определении тока, проходящего через тело человека, находящегося в переменном электромагнитном поле, анализе опасностей, возникающих при работах под напряжением в установках высокого напряжения, необходимо располагать значениями электрической емкости тела человека относительно земли.  $C_{\text{ч}}$ . В литературе, посвященной мерам борьбы с отрицательными

проявлениями статического электричества, эту емкость принимают равной емкости шара, эквивалентного по объему телу человека.

Как показывают измерения, вычисленная таким образом емкость отличается от истинной иногда в десятки раз. С большой точностью  $C_{\text{ч}}$  можно определить, приняв ее равной емкости цилиндра из проводящего материала, длина и объем которого соответственно равны высоте  $l$  и объему  $V$  тела человека, стоящего



Зависимость емкостей  $C_q$ ,  $C_b$  и  $C_o$  от высоты  $H$ .  
 $C_q$  — расчетная;  $C'_q$  — измеренная.

на высоте  $H$  от земли (см. рисунок). При среднем росте человека 1,7 м и соответствующем объеме 0,068 м<sup>3</sup> [Л. 1] эквивалентный цилиндр будет иметь размеры:  $l=1,7$  м,  $d=0,226$  м (соответствует площади подошв обуви 42-го размера). Емкость этого цилиндра относительно земли и, следовательно, емкость человека

$$C_q = C_b + C_o,$$

где  $C_b$  — емкость «боковая поверхность — земля» и  $C_o$  — «основание — земля». Емкость  $C_b$  согласно [Л. 2] определяется по формуле

$$C_b = \frac{2 \cdot 27,84l}{\ln \frac{2l}{d} - 2,303 D},$$

где  $l$  и  $d$  — длина и диаметр провода (цилиндра), м;  $D$  — коэффициент, зависящий от соотношения длины  $l$  провода и высоты  $H$  размещения его нижнего конца над землей.

При  $H \leq l$

$$D = 0,434 + \frac{H}{l} \lg \frac{4H}{l} + \left(1 + \frac{H}{l}\right) \lg \left(1 + \frac{H}{l}\right) - \left(1 + \frac{2H}{l}\right) \lg \left(1 + \frac{2H}{l}\right);$$

При  $H \geq l$

$$D = 0,133 + \frac{H}{l} \left(1 + \frac{l}{H}\right) \lg \left(1 + \frac{l}{H}\right) - \frac{2H}{l} \left(1 + \frac{l}{2H}\right) \lg \left(1 + \frac{l}{2H}\right).$$

<sup>1</sup> Здесь и далее емкость дана в пикофарадах.

Емкость «основание — земля»  $C_o$  принимается равной удвоенной емкости  $C_{II}$  между двумя параллельными дисками диаметром  $d=0,226$  м, отстоящими один от другого на расстоянии  $2H$ . Правомочность этого положения легко доказать, используя метод зеркальных изображений.

Для случаев, когда  $2H < l$  величина  $C_{II}$  определяется по формуле Кирхгофа, учитывающей краевой эффект [Л. 3]:

$$C_{II} = 0,5 \epsilon \epsilon_0 \left[ \frac{\pi d^2}{4H} + d \left( \ln \frac{4\pi d}{H} - 1 \right) \right] \cdot 10^{12};$$

при больших расстояниях

$$C_{II} = \epsilon \epsilon_0 \frac{2d \cdot 10^{12}}{1 - \frac{2}{\pi} \operatorname{arccotg} \frac{4H}{d}},$$

где  $\epsilon$  — относительная диэлектрическая проницаемость среды;  $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$  — электрическая постоянная, Ф/м.

На основании приведенных выражений вычислена емкость тела человека относительно земли при  $H = 0,001 \div 12$  м (см. рисунок). При этом для  $H \leq 0,01$  м принято  $\epsilon = 3$  (обувь на резиновой или кожаной подошве, ткань).

Расчетные данные емкости «человек — земля» хорошо совпадают с результатами измерений. Так, при высоте размещения человека над землей 0,1, 1 и 2 м расчетная емкость  $C_q$  соответственно равна 63, 52 и 50 пФ, а измеренная — 65, 50 и 49 пФ. Наименьшая емкость, т. е. емкость уединенного цилиндра ( $H = \infty$ ), равна по расчету 48 пФ, а наибольшая, когда цилиндр (человек) изолирован от земли тканью толщиной 1 мм ( $\epsilon = 3$ ), — 1080 пФ по расчету и 1060 по опытным данным.

Для оценки емкости человека относительно земли автором предложена эмпирическая формула:

$$C_q = \frac{1,5}{H + 5 \cdot 10^{-4}} + 48,$$

дающая хорошие совпадения с результатами измерений и расчетов описанным способом.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Долин П. А. Справочник по технике безопасности, изд-во «Энергия», 1964.
2. Иоссель Ю. Я., Кочанов Э. С., Струнский М. Г., Расчет электрической емкости, изд-во «Энергия», 1969.
3. Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М., Электродинамика сплошных сред, Физматгиз, 1959.

УДК 658.26.003.12

О нормативном коэффициенте эффективности капиталовложений в промышленную энергетику, Л. М. Зельцбург, «Промышленная энергетика», 1972, № 3.

Обосновывается ограничение дифференциации нормативных коэффициентов эффективности капиталовложений. Автор подчеркивает, что не следует принимать для промышленной энергетики отдельный нормативный коэффициент.

Библиография — 7.

УДК 658.26.003.12

О нормативном коэффициенте капитальных вложений, Л. П. Падало, «Промышленная энергетика», 1972, № 3.

Автор обосновывает постоянство нормативного коэффициента эффективности капиталовложений для всех отраслей промышленности.

Таблиц — 1. Библиография — 3.

УДК 621.319.4.004.15

Об экономической эффективности применения комплектных конденсаторных установок с автоматическим регулированием мощности, М. А. Лутфуллин, «Промышленная энергетика», 1972, № 3.

Приводится количественный анализ условий экономической эффективности конденсаторных установок (КУ) с автоматическим регулированием мощности. Показывается, что автоматическое регулирование мощности КУ экономически оправдано только при определенных конкретных условиях.

Таблиц — 3.

УДК 621.316.176.004.15

Выбор оптимальной мощности трансформаторов с учетом динамики нагрузки, М. В. Грейсух, «Промышленная энергетика», 1972, № 3.

Рассматривается вопрос о нецелесообразности установки трансформаторов повышенной мощности с учетом перспективного роста нагрузки. Доказывается, что экономически выгоднее производить установку трансформаторов в две очереди с учетом возможного использования в дальнейшем демонтированных трансформаторов на других объектах.

Таблиц — 2. Иллюстраций — 4. Библиография — 3.

УДК 621.316.176.001.2

О выборе шинпроводов по потере напряжения, Н. И. Медведский, Е. А. Лесман, «Промышленная энергетика», 1972, № 3.

Описывается способ выбора шинпроводов серий ШРА-64, ШМА-68-Н и ШМА-59-Н по потере напряжения с учетом индуктивного сопротивления. Приводятся значения моментов нагрузок и поправочных коэффициентов, учитывающих реактивную составляющую потерь напряжения.

Таблиц — 2. Иллюстраций — 2. Библиография — 2.

УДК 658.26.004.67

О проектировании электроремонтного хозяйства металлургических заводов, Р. Г. Астратов, Б. И. Кудрин, «Промышленная энергетика», 1972, № 3.

Рассматриваются вопросы расчета мощности энергоремонтных средств и численности персонала с использованием математического аппарата теории массового обслуживания. Приводятся статистические данные по ремонту электродвигателей Западно-Сибирского металлургического завода.

Таблиц — 1. Библиография — 4.

УДК 613.167:621.3.011.4.001

Емкость тела человека относительно земли, П. А. Долин, «Промышленная энергетика», 1972, № 3.

Рассматриваются вопросы методики определения емкости человека относительно земли. Приводятся расчетные выражения и эмпирическая формула, дающая хорошие совпадения с результатами измерений.

Иллюстраций — 1. Библиография — 3.

УДК 669.2/8:621.181.62

О выборе конструкции котла-утилизатора для печей цветной металлургии, Е. И. Дорман, Л. М. Ляховер, В. Н. Петров, П. Г. Кауфман, А. В. Дубровин, Я. Ф. Рабинович, М. Е. Падучев, «Промышленная энергетика», 1972, № 3.

Дается анализ трудностей, возникающих при решении проблемы обеспечения устойчивой работы котлов-утилизаторов за печами цветной металлургии. Рассмотрен опыт эксплуатации установленных котлов; приводятся результаты проведенных за последние годы реконструкций этого оборудования, основные принципы рациональных конструкций.

Таблиц — 2. Иллюстраций — 3. Библиография — 9.

УДК 621.65.001

Некоторые вопросы регулирования производительности насосных станций, С. К. Писаренко, «Промышленная энергетика», 1972, № 3.

Рассматриваются способы регулирования производительности рудничных насосных станций, работающих на трубопроводе с геометрической высотой подъема, не равной нулю, а также установок, работающих параллельно на общую напорную сеть.

Приводятся скорректированные формулы для обоих случаев и пример.

Иллюстраций — 1.

Технический редактор Н. А. Галанчева

Корректор Н. В. Лобанова

Сдано в набор 20/1 1972 г.

Подписано к печати 24/II 1972 г.

T-01564

Бумага 84×108<sup>1</sup>/<sub>16</sub>

Усл. печ. л. 5.04

Уч.-изд. л. 6,6

Тираж 26 043 экз.

Цена 40 коп.

Зак. 1023

Московская типография № 10 Главполиграфпрома Комитета по печати при Совете Министров СССР, Шлюзовая наб., 10.