

Л93

СССР

МИНИСТЕРСТВО ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ

ДНЕПРОПЕТРОВСКИЙ ИНСТИТУТ ИНЖЕНЕРОВ  
ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА имени М. И. КАЛИНИНА

На правах рукописи

Аспирант ДЬЯКОВ Виктор Алексеевич

**АНАЛИЗ МЕТОДОВ АНТИКОРРОЗИОННОЙ ЗАЩИТЫ  
ПОДЗЕМНЫХ СООРУЖЕНИЙ**

(05.22.09 — электрификация железнодорожного транспорта)

*Е 21.332*

**Автореферат  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук**

Днепропетровск  
1974

НТБ  
ДНУЖТ

СССР  
МИНИСТЕРСТВО ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ  
ДНЕПРОПЕТРОВСКИЙ ИНСТИТУТ ИНЖЕНЕРОВ  
ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА имени М. И. КАЛИНИНА

---

На правах рукописи

Аспирант ДЬЯКОВ Виктор Алексеевич

АНАЛИЗ МЕТОДОВ АНТИКОРРОЗИОННОЙ ЗАЩИТЫ  
ПОДЗЕМНЫХ СООРУЖЕНИЙ

(05.22.09 — электрификация железнодорожного транспорта)

Автореферат  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

6495a

Днепропетровск

1974

НАУКОВО-ТЕХНІЧНА БІБЛІОТЕКА  
Дніпропетровського національного  
університету залізничного транспорту  
імені академіка В.Лазаряна

ДНУ  
ДНУЖТ

Работа выполнена на кафедре «Энергоснабжение электрических железных дорог» Днепропетровского института инженеров железнодорожного транспорта имени М. И. Калинина.

**Научный руководитель:**

кандидат технических наук, доцент **Ломазов Д. Б.**

**Официальные оппоненты:**

доктор технических наук, профессор **Староскольский Н. А.**

кандидат технических наук, доцент **Демиденко А. Б.**

**Ведущее предприятие:**

Служба электрификации и энергетического хозяйства Южной орден Ленина железной дороги.

Автореферат разослан « *20* » *декабря* 1974 г.

Защита состоится « *27* » *марта* 1975 г. в « *14* » час. на заседании Ученого совета Днепропетровского института инженеров железнодорожного транспорта имени М. И. Калинина (320629, г. Днепропетровск-10, ГСП, ул. Университетская, 2, ДИИТ).

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке института.

Ученый секретарь совета, кандидат химических наук, доцент

**ПЛАХОТНИК В. Н.**

НТБ  
ДНУЖТ

Одной из главных задач девятой пятилетки является повышение научно-технического прогресса на основе дальнейшего технического совершенствования производства и повышения его эффективности.

Для претворения в жизнь поставленной партией задачи по пятилетнему плану развития народного хозяйства СССР на 1971—1975 гг. необходимо электрифицировать 6—7 тыс. километров железных дорог, общая протяженность электрифицированных линий составляет теперь более 37 тыс. км, или более 27% всей длины железнодорожной сети страны. К 1975 г. протяженность электрифицированных железных дорог достигнет 39800—40800 км. Для увеличения пропускной и провозной способности железных дорог необходимо за пятилетие (1971—1975 гг.) обеспечить повышение грузооборота железнодорожного транспорта примерно на 22 процента.

Рост интенсивности движения поездов и бесперебойная работа устройств энергоснабжения возможна только при надежной работе всех звеньев энергетического хозяйства. Нарушение работы ответственных дорогостоящих металлических подземных сооружений, расположенных вблизи электрического рельсового транспорта постоянного тока, из-за электрокоррозии может привести к большим потерям.

Интенсивный рост добычи нефти и газа в СССР сопровождается непрерывным увеличением протяженности подземных трубопроводов различного назначения. К 1970 г. общая протяженность трубопроводов, включая нефтегазосборные сети промыслов и подводящие газовые сети, составила более 300000 км. За пятилетие (1971—1975 гг.) будет построено 57000 км магистральных трубопроводов и более 45000 км промысловых сетей. Общая поверхность уложенных в грунт газонефтепроводов, подлежащих защите от подземной коррозии, достигла 230 млн. м<sup>2</sup> и ежегодно увеличивается на 25—30 млн. м<sup>2</sup>. Эти данные характеризуют важное народнохозяйственное значе-

ние рассматриваемой в диссертации проблемы защиты трубопроводов от коррозии.

Вопросу расчета величины блуждающих токов, проникающих в подземные металлические сооружения, посвящены работы отечественных и зарубежных авторов (Е. Зунде, Р. Жибра, Л. Колле, Д. Б. Ломазова, Б. Г. Лорткипанидзе, Г. Г. Марквардта, К. Г. Марквардта, М. И. Михайлова, Л. Д. Разумова, И. В. Стрижевского, Л. Н. Тавдгиридзе). Подавляющая часть расчетных выражений, полученных в этих работах содержит трудноопределяемые исходные параметры. В реферируемой работе сделан сравнительный анализ существующих методов расчета потенциалов и токов в подземных сооружениях, находящихся в поле электрических железных дорог постоянного тока и приведена рекомендуемая методика определения средних потенциалов и токов рельсов. Вследствие трудностей аналитического определения токов и потенциалов подземного сооружения проектирование антикоррозионной защиты ведется после пуска электрифицированного участка. Проектирование же антикоррозионной защиты лишь по результатам кратковременных измерений приводит к недопустимой погрешности, несмотря на большую затрату труда.

Вопросам защиты подземных металлических сооружений от электрокоррозии блуждающими токами посвящены многочисленные исследования С. А. Волотковского, Э. М. Гутмана, И. М. Ершова, Д. Б. Ломазова, К. Г. Марквардта, М. И. Михайлова, В. Н. Остапенко, Н. Г. Сергеева, И. В. Стрижевского и других. В работе сделан анализ новой унифицированной антикоррозионной защиты (авторское свидетельство на изобретение № 319647—1971 г.), разработанной в Днепропетровском институте инженеров железнодорожного транспорта, схема и расчет которой, а также результаты опытного внедрения приведены в гл. IV

Для защиты от почвенной коррозии подземных металлических сооружений, расположенных в зоне электрических железных дорог переменного тока, применяют катодные станции и протекторную защиту. В работе показана возможность применения рассматриваемого унифицированного дренажного устройства для защиты от почвенной коррозии подземных сооружений, расположенных в зоне электрических железных дорог переменного тока, приводящая к экономии электрической энергии и материалов. При значительном удалении источника тока от места установки станции для питания последней рассмотрена возможность применения устройства

антенного отбора мощности от высоковольтных линий электропередачи и контактной сети электрических железных дорог переменного тока, на которое получено авторское свидетельство.

В главе II диссертационной работы приведен сравнительный анализ методов расчета токов и потенциалов подземных сооружений, принятый и рекомендуемый автором на этой базе метод.

Глава IV посвящена анализу новых схем антикоррозионной защиты подземных металлических сооружений, расположенных в зоне рельсов электрического транспорта, и выявлению их свойств в опытной эксплуатации в условиях Южной железной дороги и г. Днепропетровска.

Диссертация выполнена на кафедре «Энергоснабжение электрических железных дорог» Днепропетровского института инженеров железнодорожного транспорта имени М. И. Калинина.

#### **Глава I. РАСЧЕТ ТОКОВ И ПОТЕНЦИАЛОВ РЕЛЬСОВЫХ ЦЕПЕЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТРАНСПОРТА ПОСТОЯННОГО ТОКА**

Разработка проектов антикоррозионной защиты до электрификации участка связана с большими трудностями в определении среднего тока и потенциала в рельсах и подземных сооружениях. Поэтому проект антикоррозионной защиты изготавливается после пуска электрифицированного участка, что оставляет защиту без материального обеспечения, так как к началу эксплуатации титул на проектирование уже закрыт. Большой объем расчетов при использовании метода подвижной нагрузки и мгновенных схем затрудняет разработку проектов. В диссертации сделано определение средних токов и потенциалов в рельсовой цепи за время хода электровоза между смежными подстанциями. Разработан метод определения среднего потенциала рельсов за время хода электровоза по межподстанционной зоне при движении пакета поездов с учетом смежных участков.

Влияние смежных участков определяется с помощью суперпозиции потенциальных диаграмм от каждого электровоза из пакета поездов и от точек отсасывания.

Произведенные на ЭЦВМ расчеты среднего потенциала и тока в рельсовой цепи по формулам автора показали, что для инженерных расчетов можно пользоваться методом равномерно распределенной нагрузки вместо громоздкого метода подвижной нагрузки.

Ввиду того, что в реальных условиях график заполнения нагрузок не является полным, в диссертации предлагается метод определения потенциалов рельсов за время хода электровоза по межподстанционной зоне.

Для анализа заполнения графика нагрузки принимаем постоянную скорость движения электровозов по межподстанционной зоне. За время хода электровоза в межподстанционной зоне средний потенциал рельсов определяется четырьмя методами:

- а) подвижной нагрузки;
- б) равномерно распределенной нагрузки;
- в) эквивалентной сосредоточенной нагрузки, расположенной в середине графика токового потребления;
- г) равномерно распределенной нагрузки с определением точки токораздела.

Результаты этих расчетов показали, что независимо от графика заполнения нагрузки, т. е. от времени хода электровоза под током, можно пользоваться методом эквивалентной сосредоточенной нагрузки вместо метода подвижной нагрузки. В этой связи для определения среднего потенциала рельсов при движении электровоза по участку, расположенному между смежными подстанциями используется одна мгновенная схема стационарных нагрузок, расположенных в геометрическом центре непрерывных токовых характеристик вместо метода подвижной нагрузки с большим количеством мгновенных схем.

## **Глава II. ОБЗОР СУЩЕСТВУЮЩИХ МЕТОДОВ РАСЧЕТА ТОКОВ И ПОТЕНЦИАЛОВ ПОДЗЕМНЫХ СООРУЖЕНИЙ, НАХОДЯЩИХСЯ В ПОЛЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО РЕЛЬСОВОГО ТРАНСПОРТА ПОСТОЯННОГО ТОКА**

Известно несколько методов расчета токов и потенциалов подземных сооружений, находящихся в поле блуждающих токов рельсового транспорта постоянного тока. В реферируемой работе приняты допущения:

1. Подземное сооружение расположено параллельно рельсовому транспорту.
2. Рельсовая цепь и подземное сооружение не ограничены по длине.
3. Грунт, в который заглублено подземное сооружение, однороден по длине сооружения.

Е. Зунде и И. В. Стрижевский, решая систему интегро-дифференциальных уравнений, получили аналитическое выра-

жение потенциала и тока в подземном сооружении используя метод плоскопараллельного поля. Однако используемые в расчетных формулах специальные функции  $\Psi_{[u, v]}$  и  $\Omega_{[u, v]}$  недостаточно табулированы в области малых значений  $V < 0,0005$ , что вызывает затруднения при определении величины блуждающих токов в подземных сооружениях, расположенных вблизи рельсового транспорта.

В работе приведен предложенный диссертантом новый инженерный метод вычисления этих специальных функций на ЭЦВМ и определены величины тока и потенциала подземного сооружения при небольших расстояниях между рельсовой цепью и подземным сооружением.

Для применения численного метода определения функции  $\Phi_{[u, v]}$  представим ее как сумму трех слагаемых —

$$\Phi_{[u, v]} = \int_{-u}^{\infty} \frac{e^{-t} dt}{\sqrt{t^2 + v^2}} = \int_{-u}^{-c} \frac{e^t}{|t|} dt + \int_{-c}^c \frac{e^t dt}{\sqrt{t^2 + v^2}} + \int_c^u \frac{e^t}{t} dt, \quad (1)$$

где  $c = 0,01 \cdot V$ , что обеспечивает точность вычисления функции с погрешностью менее 0,1%, приемлемую при инженерных расчетах.

В свою очередь

$$-\int_{-u}^{-c} \frac{e^t}{|t|} dt = E_1(-x) \quad (2)$$

является интегральной показательной функцией, решение которой известно.

Д. Б. Ломазов использует в качестве главного расчетного параметра поток блуждающих токов в земле, величина которого зависит от параметров устройств энергоснабжения, расхода электрической энергии на движение поезда и практически не зависит от трудноопределимого удельного сопротивления земли.

Известные расчетные формулы определяют потенциал подземного сооружения относительно далекой земли. Однако основным показателем коррозионного состояния подземного сооружения является потенциал сооружения относительно близлежащей земли.

Автором выведены расчетные формулы для определения потенциала подземного сооружения относительно близлежащей земли для методов плоскопараллельного поля и по углу атаки.

Для сравнения методов расчета были определены блуждающие токи в подземных сооружениях, давшие удовлетворительное совпадение с результатами измерения в реальных условиях.

### Глава III. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОТЕНЦИАЛА И ТОКА В ПОДЗЕМНОМ СООРУЖЕНИИ, НАВЕДЕННЫХ ТОКОМ, СТЕКАЮЩИМ С ЗАЗЕМЛИТЕЛЯ

Для защиты подземных металлических сооружений от электрокоррозии представляется возможность использовать потенциал токоведущих рельсов и их энергию. При положительной полярности рельсов ток, стекающий с анодного заземлителя, создает в земле электрическое поле, благоприятствующее защите подземного металлического сооружения от электрокоррозии.

Потенциал подземного сооружения по отношению к удаленной точке земли  $\varphi_{co}$ , наведенный током, стекающим с горизонтального заземлителя, состоит из двух слагаемых:

$$\varphi_{co} = \varphi_3 + \varphi_0, \quad (3)$$

где  $\varphi_3$  — потенциал, обусловленный током утечки с заземлителя;

$\varphi_0$  — потенциал, обусловленный токами утечки с подземного сооружения.

Из теории заземлителей известно, что ток утечки с заглубленного проводника обуславливает наличие потенциала в среде

$$\varphi_3 = \frac{I_3 \rho}{8\pi l} \left[ \int_{-l}^l \frac{d\varepsilon}{\sqrt{(x-\varepsilon)^2 + R_1^2}} + \int_{-l}^l \frac{d\varepsilon}{\sqrt{(x-\varepsilon)^2 + R_2^2}} \right]; \quad (4)$$

$$\begin{aligned} \varphi_0 = & -\frac{\rho}{4\pi} \left[ \int_{-\infty}^{\infty} I'_{30}(\varepsilon) \frac{d\varepsilon}{\sqrt{(x-\varepsilon)^2 + 4h^2}} + \right. \\ & \left. + \int_{-\infty}^{\infty} I'_{30}(x) \frac{d\varepsilon}{\sqrt{(x-\varepsilon)^2 + R_0^2}} \right], \quad (5) \end{aligned}$$

где  $I_3$  — ток заземлителя;

$2l$  — длина заземлителя;

$R_1$  — расстояние между заземлителем и подземным сооружением;

- $R_2$  — расстояние от подземного сооружения до зеркального изображения заземлителя;  
 $h$  — глубина укладки подземного сооружения;  
 $R_0$  — радиус подземного сооружения;  
 $I'_{30}$  — линейная плотность утечки с подземного сооружения;  
 $H$  — глубина залегания заземлителя;  
 $\rho$  — удельное сопротивление земли.

Ввиду небольшой длины заземлителя можно принять плотность тока утечки с заземлителя постоянной по длине и равной

$$I'_3 = \frac{I_3}{2l} \quad (6)$$

В свою очередь

$$\frac{d\varphi_{co}}{dx} = -r_0 I_{30}(x), \quad (7)$$

где  $I_{30}(x)$  — ток в подземном сооружении, наведенный током утечки с заземлителя.

Решая совместно (3, 4, 5, 7), получим интегро-дифференциальное уравнение для тока в подземном сооружении

$$\begin{aligned}
 r_0 I_{30}(x) = & \frac{\rho}{4\pi} \frac{d}{dx} \left[ \int_{-\infty}^{\infty} I'_{30}(\varepsilon) \frac{d\varepsilon}{\sqrt{(x-\varepsilon)^2 + 4h^2}} + \right. \\
 & \left. + \int_{-\infty}^{\infty} I'_{30}(\varepsilon) \frac{d\varepsilon}{\sqrt{(x-\varepsilon)^2 + R_0^2}} \right] - \frac{I_3 \rho}{8\pi l} \frac{d}{dx} \left[ \int_{-l}^l \frac{d\varepsilon}{\sqrt{(x-\varepsilon)^2 + R_1^2}} + \right. \\
 & \left. + \int_{-l}^l \frac{d\varepsilon}{\sqrt{(x-\varepsilon)^2 + R_2^2}} \right]. \quad (8)
 \end{aligned}$$

Применив к (8) прямое и обратное преобразование Фурье и теорию вычетов окончательно получаем выражение для тока в подземном сооружении, наведенного горизонтальным заземлителем

$$\begin{aligned}
 I_{30}(x) = & \frac{I_3 \rho}{8\pi l a_0 r_{оп}} \left\{ \Omega_{[a_0(x-l); a_0 R_1]} - \Psi_{[a_0(x+l); a_0 R_1]} + \right. \\
 & \left. + \Omega_{[a_0(x-l); a_0 R_2]} - \Omega_{[a_0(x+l); a_0 R_2]} \right\}, \quad (9)
 \end{aligned}$$

где  $a_0$  — характеристика утечки подземного сооружения;  
 $r_{оп}$  — удельное переходное сопротивление подземного сооружения;

$\mathcal{Q}_{[u, v]}$  — специальная функция двух переменных;  
 $x$  — координата точки на подземном сооружении.

Если примем

$$\varphi_c = -\varphi_3, \quad (10)$$

то для определения  $\varphi_c$  достаточно определить потенциал среды на поверхности подземного сооружения.

В (4) производим замену переменных  $t = x - \epsilon$  и  $d\epsilon = -dt$ , после чего меняем порядок интегрирования. Решая совместно (4) и (10), получаем расчетное выражение для потенциала подземного сооружения относительно близлежащей земли

$$\varphi_c = \frac{I_3 \rho}{8\pi l} \ln \frac{x-l + \sqrt{(x-l)^2 + R_1^2}}{x+l + \sqrt{(x+l)^2 + R_1^2}} \frac{x-l + \sqrt{(x-l)^2 + R_2^2}}{x+l + \sqrt{(x+l)^2 + R_2^2}}, \quad (11)$$

#### Глава IV. МЕТОДЫ И СХЕМЫ ЗАЩИТЫ ПОДЗЕМНЫХ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ, РАСПОЛОЖЕННЫХ ВБЛИЗИ РЕЛЬСОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТРАНСПОРТА

В городских условиях, а также на промежуточных железнодорожных станциях с знакопеременным потенциалом рельсов для защиты подземных металлических сооружений от блуждающих токов ДИИТом была разработана схема унифицированного дренажного устройства (авторское свидетельство на изобретение № 319647 — 1971 г.).

Схема унифицированного дренажного устройства (УДУ) скомпонована из поляризованного дренажа и поляризованного токоотвода на заземлитель. В зависимости от полярности рельс дренажное устройство имеет два режима работы:

а) при положительной полярности рельс электрическое поле в земле создает благоприятное направление блуждающих токов к сооружению. Ток из рельсов протекает к заземлителю, усиливая защитное действие блуждающих токов;

б) при отрицательной полярности рельсов обеспечивается дренажная защита на рельсы.

Расположение вспомогательного заземлителя параллельно защищаемому сооружению имеет преимущество перед вертикальным, так как при этом защищаемое сооружение встречается с эквипотенциальной поверхностью эллипсоидов вращения конфокальных с поверхностью заземлителя, на гораздо большей площади.

Для увеличения токопроводимости и срока службы вспо-

могательных заземлителей рекомендуется их засыпка коксовыми заполнителями.

Унификация защитного устройства в любой зоне и при любой полярности рельсов имеет существенные преимущества в эксплуатации, строительстве и проектировании.

Рассматриваемая схема защиты экономична и идеальна с энергетической точки зрения, так как не нуждается в источниках электроэнергии.

Зона защиты УДУ в анодном режиме рельсов определяется из трансцендентного уравнения

$$\frac{\varphi_{c \min} - \varphi_{c-a}^*(l_a)}{\varphi_{c \max} - \varphi_{c-a}^*(0)} \ln \frac{R_1}{l + \sqrt{l^2 + R_1^2}} \frac{R_2}{l + \sqrt{l^2 + R_2^2}} =$$

$$= \frac{1}{2} \ln \frac{l_a - l + \sqrt{(l_a - l)^2 + R_1^2}}{l_a + l + \sqrt{(l_a + l)^2 + R_1^2}} \cdot \frac{l_a - l + \sqrt{(l_a - l)^2 + R_2^2}}{l_a + l + \sqrt{(l_a + l)^2 + R_2^2}}, \quad (12)$$

где  $\varphi_{c \min}$  — минимальный защитный потенциал подземного сооружения;

$\varphi_{c \max}$  — максимальный защитный потенциал подземного сооружения;

$\varphi_{c-a}^*$  — средний потенциал подземного сооружения относительно близлежащей земли до включения защиты в анодном режиме рельсов;

$l_a$  — половина длины зоны защиты УДУ в анодном режиме рельсов.

Довольно часто подземные металлические сооружения находятся на значительном расстоянии от полотна железной дороги и не испытывают на себе влияния блуждающих токов, хотя нуждаются в защите от почвенной коррозии. В таких случаях  $\varphi_{c-a}^* \approx 0$ , в реальных условиях  $R_1 \approx R_2 = R$ .

Согласно СН-266-63:  $\varphi_{c \max} = -1,2$  в;  $\varphi_{c \min} = -0,3$  в.

Используя вышеизложенные условия, можно упростить выражение (12)

$$l_a = \frac{1}{2(1-A)} \sqrt{4l^2(1+A)^2 - \frac{R^2(1-A^2)^2}{A}} \quad (13)$$

$$A = \sqrt{\frac{R}{l + \sqrt{l^2 + R^2}}}. \quad (14)$$

При  $R > l$  в расчетных формулах распределенный заземлитель можно заменить точечным, зона защиты УДУ в анод-

ном режиме рельсов от точечного источника тока определяется выражением

$$L_a^r = 2l_a^r \approx 7,73 R. \quad (15)$$

Для определения общей длины зоны защиты УДУ при перемежающейся полярности рельсов необходимо определить зоны защиты в анодный и катодный периоды, а затем их общее значение

$$L_3 = L_a + (L_k - L_a) \frac{T_k}{T}, \quad (16)$$

где  $T_k$  — время, в течение которого рельсы отрицательны;

$T$  — полное время, за которое определяется  $L_3$ ;

$L_k$  — зона защиты УДУ в катодном режиме рельсов.

Изменяющиеся метеорологические условия вызывают необходимость в сезонной регулировке защиты.

Экспериментальные исследования производились:

На пересечении улиц Короленко и Комсомольской в г. Днепрпетровске было установлено УДУ для защиты газопроводов от электрокоррозии. Для исследования были использованы регистрирующие трехканальные приборы (1970—1974 гг.), производились синхронные измерения  $\varphi_p = f(t)$ ,  $\varphi_c = f(t)$ ,  $I_3 = f(t)$ . Результаты измерений подтвердили целесообразность применения УДУ.

Потенциал газопровода относительно близлежащей земли при включении УДУ в анодном режиме рельсов определяем из выражения:

$$\begin{aligned} \varphi_{c-a}(x) = & \frac{I_3 \rho}{8\pi l} \ln \frac{x-l + \sqrt{(x-l)^2 + R_1^2}}{x+l + \sqrt{(x+l)^2 + R_1^2}} \times \\ & \times \frac{x-l + \sqrt{(x-l)^2 + R_2^2}}{x+l + \sqrt{(x+l)^2 + R_2^2}} + \varphi_{c-a}^*(x). \end{aligned} \quad (17)$$

Расчет зоны защиты по (17) при  $l = 5$  м;  $R_1 = 0,5$  м;  $H = 1,8$  м дал хорошее совпадение с результатами измерений.

На станции Покотиловка Южной ж. д. включена в эксплуатацию унифицированная антикоррозионная защита кабелей СЦБ со свинцовыми оболочками. Выбор станции обусловлен тем, что она расположена в знакопеременной зоне с преобладанием положительных потенциалов. Обычно защита подземных сооружений в этих зонах связана с применением усиленных дренажей или катодных станций.

Защита кабелей СЦБ от блуждающих токов электрической ж. д. постоянного тока осуществлена тремя УДУ, подключенными к перепайкам металлических оболочек кабелей в релейных шкафах.

Измерения производились в девяти оборудованных контрольно-измерительных пунктах на кабелях со свинцовыми оболочками высокоомными самопишущими и визуальными вольтметрами. Характеристики УДУ определялись синхронно самопишущими приборами.

Результаты измерений подтвердили теоретические выводы, что наиболее опасной в коррозионном отношении является часть кабелей, расположенных в горловине станции и тяготеющих к подстанции Новоселовка. Кабели в противоположной горловине находятся в более благоприятных условиях.

Экспериментальные исследования подтвердили эффективность защиты при помощи УДУ. В контрольных пунктах зоны защиты потенциал оболочек кабелей приобрел защитный потенциал и соответствовал требованиям Правил СН-266-63. Результаты расчета зоны защиты на станции Покотиловка по (17) дали хорошее совпадение с результатами измерений.

Расчет народнохозяйственного экономического эффекта от внедрения унифицированной защиты в условиях станции Покотиловка Южной ж. д. показал ее экономическую эффективность.

На станции Обводная Приднепровской ж. д. были произведены электрометрические изыскания на газопроводе среднего давления  $\varnothing 700$  мм. Выбор станции обусловлен тем, что она расположена в знакопеременной зоне с преобладанием положительных потенциалов рельсов.

Измерения подтвердили теоретическое заключение о коррозионной опасности газопровода в восточной горловине станции.

«Днепрогражданпроект» выполнил проект антикоррозионной защиты газопровода среднего давления в районе железнодорожной станции Обводная по нашим рекомендациям.

Для исследования работы УДУ были использованы синхронно самопишущие приборы. Регистрировались параметры  $(\varphi_p; \varphi_r; I_d; I_3) = f(t)$ .

Экспериментальная проверка в опытной эксплуатации позволяет сделать следующие выводы:

а) расчет зоны защиты дал хорошее совпадение с результатами эксперимента;

б) УДУ ликвидировало анодную зону газопровода в райо-

не восточной горловины железнодорожной станции Обводная;

в) рекуперация энергии в этой зоне привела к повышению эффективности антикоррозионной защиты;

г) зона защиты УДУ в анодном режиме рельс практически не зависит от уровня изоляции подземного сооружения, а для ее увеличения необходимо применение распределенного заземлителя.

В условиях железных дорог, электрифицированных на переменном токе промышленной частоты, для защиты подземных сооружений от почвенной коррозии в настоящее время применяется катодная и протекторная защиты. Наши эксперименты в условиях Киевского железнодорожного узла показали целесообразность применения УДУ для защиты от почвенной коррозии газопровода, расположенного вблизи железной дороги.

Опытное включение поляризованного дренажа было произведено и в районе железнодорожной станции Пост-Волинский Юго-Западной ж. д.

Анализ результатов измерений показал, что включение УДУ резко улучшило потенциальное состояние газопровода.

Для защиты от почвенной коррозии подземных сооружений представляется возможность применения катодной защиты с антенным отбором мощности от контактной сети электрических железных дорог переменного тока и высоковольтных линий электропередачи переменного тока, на которое нами получено авторское свидетельство.

### Общие выводы

1. Определение потенциалов и токов тяговых рельсов, произведенное при помощи ЭЦВМ на основе выведенных формул и разработанных программ показало, что для инженерных расчетов на стадии проектирования можно заменить громоздкий метод подвижной нагрузки методом эквивалентной сосредоточенной нагрузки.

2. Получены аналитические выражения для определения потенциала подземного сооружения относительно близлежащей земли по методам плоскопараллельного поля и угла атаки.

3. Получено новое решение функций  $\Omega_{[u, v]}$  и  $\Psi_{[u, v]}$  и сделана их табуляция для определения потенциалов и токов в подземном сооружении по методу плоскопараллельного поля,

имеющая преимущества перед известными методами, для расчетов при небольших расстояниях между сооружением и рельсами.

4. Для определения тока и потенциала подземного сооружения был использован метод угла атаки, позволивший получить итоговые расчетные выражения, не содержащие трудно определяемое и изменяющееся в широком диапазоне сопротивление земли. Получено хорошее совпадение результатов расчета и эксперимента.

5. Выведены новые расчетные формулы для определения потенциала и тока в подземном сооружении, находящимся в поле анодного заземлителя.

6. Получены расчетные выражения для определения длины зоны защиты унифицированного дренажного устройства в анодном режиме и при перемежающейся полярности рельсов.

7. Опытная эксплуатация унифицированных дренажных устройств на ст. Покотиловка Южной ж. д., ст. Обводная Приднепровской ж. д. и на пересечении ул. Короленко и ул. Комсомольской в г. Днепропетровске подтвердила целесообразность применения УДУ для защиты подземных сооружений от электрокоррозии, вызванной блуждающими токами рельсового транспорта постоянного тока. Получено хорошее совпадение теоретических расчетов с результатами эксперимента.

8. Унифицированное дренажное устройство обладает идеальной энергетической характеристикой, так как обеспечивает защиту подземных сооружений от блуждающих токов рельсового транспорта и не нуждается в дополнительном питании.

Экономия от внедрения унифицированного дренажного устройства только на одной ст. Покотиловка Южной ж. д. составила 1,8 тыс. руб/год.

9. В условиях электрических железных дорог переменного тока и в зонах ЛЭП для защиты подземных сооружений от почвенной коррозии возможно применение унифицированных дренажных устройств и устройств антенного отбора мощности для питания катодных станций.

Результаты проведенных автором исследований используются сектором защиты сетей от коррозии ГПИ «Днепрогражданпроект» при разработке проектов защиты от коррозии газопроводов и водопроводов.

## ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ДИССЕРТАЦИИ ИЗЛОЖЕНЫ В СЛЕДУЮЩИХ РАБОТАХ:

1. Ломазов Д. Б., Дьяков В. А. Антикоррозионная унифицированная защита подземных сооружений в условиях рекуперативного режима работы электровозов. Тезисы докладов научно-технической конференции по обобщению опыта применения рекуперативного торможения на электрифицированных участках переменного тока. Хабаровск, 1971.

2. Ломазов Д. Б., Дьяков В. А. К вопросу о расчете блуждающих токов в подземных сооружениях. Рукопись депонирована в ЦНИИТЭИ МПС за № 61/73 от 11/V-73, 1973.

3. Дьяков В. А. Исследование условий, при которых для расчета потенциалов рельсов можно подвижную нагрузку заменять равномерно распределенной. Рукопись депонирована в ЦНИИТЭИ МПС за № 70/73 от 27/VIII-73, 1973.

4. Винский А. С., Дьяков В. А. и др. Устройство для катодной защиты от коррозии подземных сооружений. Авторское свидетельство с приоритетом от 8.IX.1972 г (решение ВНИИГПЭ № 1823432/22-I от 24.X.1973 г.).

5. Ломазов Д. Б., Дьяков В. А., Ростовский В. И. Новая унифицированная антикоррозионная защита. «Электричество» (в печати).

## ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ДИССЕРТАЦИОННОЙ РАБОТЫ ДОКЛАДЫВАЛИСЬ И ОБСУЖДАЛИСЬ:

— на научно-технической конференции ДИИТа, посвященной 50-летию образования СССР, Днепропетровск, 1972 г.;

— на конференции молодых ученых ХабИИЖТа, посвященной 50-летию образования СССР, Хабаровск, 1973 г.;

— на научно-техническом семинаре межведомственной комиссии по защите подземных сооружений от коррозии Днепропетровского городского Совета депутатов трудящихся, Днепропетровск, 1973 г.;

— на научно-технической конференции ДИИТа, Днепропетровск, 1974 г.;

— на заседании научного семинара кафедры «Энергоснабжение электрических железных дорог» ДИИТа, Днепропетровск, 1974 г.

Автореферат Дьякова В. А.

БТ 27059. Сдано в набор 20.XI-74 г. Подписано к печати 20.XI-74 г.

Формат 60 × 84/16. Усл. печ. л. 1. Тираж 150. Заказ № 245.

Областная книжная типография Днепропетровского областного управления  
по делам издательств, полиграфии и книжной торговли,  
г Днепропетровск, ул. Серова, 7.