

УДК 621.316.9

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭЛЕКТРОБЕЗОПАСНОСТИ ГАЗОПЕРЕКАЧИВАЮЩИХ АГРЕГАТОВ

¹Пачурин Г.В., ²Дерябин А.Е., ²Шевченко С.М.

¹ФБГУ ВО «Нижегородский государственный университет им. Р.Е. Алексеева»,
Нижегород, e-mail: pachuringv@mail.ru;

²ФГБОУ ВПО «Нижегородский государственный педагогический университет им. К. Минина»,
Нижегород, e-mail: shevchenko.sm@mail.ru

Современное производство продолжает оставаться источником опасных и вредных производственных факторов. При этом доля работников, занятых в неблагоприятных условиях труда остается по-прежнему существенной. Обеспечение надежности и эффективности эксплуатации газотранспортных предприятий и, в частности, линейных производственных управлений магистральных газопроводов (ЛПУМГ) является необходимым условием устойчивого развития газовой отрасли. Основными технологическими объектами ЛПУМГ являются линейная компрессорная станция (КС), участки магистральных газопроводов определенной протяженности. К наиболее опасным объектам на территории компрессорной станции относятся газоперекачивающие агрегаты, являющиеся источником вредных и опасных производственных факторов. В работе представлены основные технологические объекты ЛПУМГ, опасные и вредные производственные факторы компрессорных станций, мероприятия по обеспечению защиты работников от поражения током в случае повреждения изоляции; произведен расчет контурного размещения заземлителя ГПА. Рассмотрены мероприятия для защиты от электрических разрядов, статического и атмосферного электричества.

Ключевые слова: защитное заземление, магистральные газопроводы, газоперекачивающие агрегаты, вертикальные заземлители

ELECTRICAL SAFETY GAS PUMPING UNITS

¹Pachurin G.V., ²Deryabin A.E., ²Shevchenko S.M.

¹Nizhny Novgorod State Technical University. RA Alekseeva, Nizhny Novgorod,
e-mail: pachuringv@mail.ru;

²Nizhny Novgorod State Pedagogical University. K. Minin, Nizhny Novgorod,
e-mail: shevchenko.sm@mail.ru

Modern production continues to be a source of dangerous and harmful factors. The share of workers employed in adverse working conditions is still substantial. Ensuring the reliability and efficiency of operation of gas transmission companies and, in particular, the linear production department of main gas pipelines (LPUMG) is a prerequisite for sustainable development of the gas industry. The main technological objects are LPUMG linear compressor station (CS), sections of main gas pipelines certain extent. The most dangerous object in the territory of the compressor station are gas-compressor units, which are a source of harmful and dangerous production factors. The paper presents the main technological facilities LPUMG, dangerous and harmful production factors compressor stations, measures to protect workers from electric shock in case of insulation damage; calculated the loop placement earthing GPA. Considered measures to protect against electrical discharges of static and atmospheric electricity.

Keywords: protective earthing, gas mains, gas pumping units, vertical grounding

Состояние безопасности труда является одним из основных факторов оценки охраны труда на производстве. Развитие производства и технологий [10–12] требуют неукоснительного обеспечения безопасных и здоровых условий труда [3,4]. Однако современное производство продолжает оставаться источником опасных и вредных производственных факторов [1,6,7]. При этом доля работников, занятых в неблагоприятных условиях труда остается по-прежнему существенной [2,8,9].

На данном этапе развития нашей страны важное значение имеет газовая промышленность. Одним из условий устойчивого развития газовой отрасли является обеспечение надежности и эффективности эксплуатации газотранспортных предприятий и,

в частности, линейных производственных управлений магистральных газопроводов (ЛПУМГ). Основными технологическими объектами ЛПУМГ являются линейная компрессорная станция (КС) в составе определенного количества компрессорных цехов, участки магистральных газопроводов определенной протяженности.

Магистральные газопроводы и газопроводы-отводы предназначены для транспортировки природного газа на большие расстояния. В конечном пункте магистрального газопровода расположены газораспределительные станции, на которых давление понижается до уровня, необходимого для снабжения потребителей. К магистральному газопроводу подключается компрессорный цех (КЦ) входными и выходными газопро-

водами-шлейфами через узел подключения, обеспечивающий работу газопровода и КЦ в следующих режимах:

- подача газа по газопроводу с компримированием его на подключаемом КЦ – основной режим;
- подача газа по газопроводу без компримирования его на КЦ – временный режим (при поэтапном вводе газопровода в эксплуатацию, ремонтных работах на КЦ и др.);
- подача газа по газопроводу при периодической очистке его полости очистным устройством (ОУ) – временный режим.

В КЦ реализуются процессы очистки газа от жидких и механических примесей перед компримированием; компримирования газа; охлаждения газа после компримирования перед подачей его в магистральный газопровод; измерение и контроль технологических параметров, управление режимом газопроводов путем изменения количества и режимов газоперекачивающих агрегатов (ГПА). К наиболее опасным объектам на территории компрессорной станции относятся газоперекачивающие агрегаты, являющиеся источником вредных и опасных производственных факторов.

Согласно ГОСТ 12.0.003–74* «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация» на работников компрессорной станции могут действовать такие опасные и вредные производственные факторы, такие как: подвижные части производственного оборудования, повышенный уровень шума на рабочем месте, недостаточная освещенность рабочей зоны, отсутствие или недостаток естественного света, повышенная напряженность электрического поля; повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека и другие. В связи с этим обеспечение безопасности и, в частности, электробезопасности является важнейшей задачей эксплуатации современных компрессорных станций ГПА.

В работе проведен расчет защитного заземления ГПА Пильнинского линейного производственного управления магистральных газопроводов (ЛПУМГ). Основная задача ЛПУМГ – транспортирование газа с заданными параметрами по магистральным газопроводам соответствующего направления – (МГ) «Ямбург – Тула 1», «Ямбург – Тула 2» и по 5–ти газопроводам-отводам в целях бесперебойной поставки газа потребителям. Общая протяженность газопроводов в одноконтурном исчислении в зоне ответственности Пильнинского ЛПУМГ – 180,9 км; количество компрессорных станций (КС) – 1; количество газораспределительных станций (ГРС) – 5. Размещение

зданий и сооружений на площадке КС предусматривается с соблюдением 2-х зон: зоны основного производственного назначения и зоны служебно-производственного комплекса. К зоне основного производственного назначения относятся компрессорные цеха и связанные с ними установки (Аппараты АВО) газа, пылеуловители, блоки подготовки топливного газа (БПТПГ) и др. К зоне служебно-производственного комплекса относятся вспомогательные здания и сооружения, предназначенные для эксплуатации КС: служебно-эксплуатационный и ремонтный блок (СЭРБ); котельная; склады ГСМ и метанола; столовая; эл/подстанция и т.д.

Для защиты от поражения электрическим током в нормальном режиме могут использоваться такие меры защиты от прямого прикосновения:

- основная изоляция токоведущих частей;
- ограждения;
- размещение вне зоны досягаемости.

С целью защиты от поражения электрическим током из-за нарушения изоляции используются следующие меры защиты при косвенном прикосновении:

- защитное заземление;
- зануление;
- автоматическое отключение питания;
- двойная изоляция.

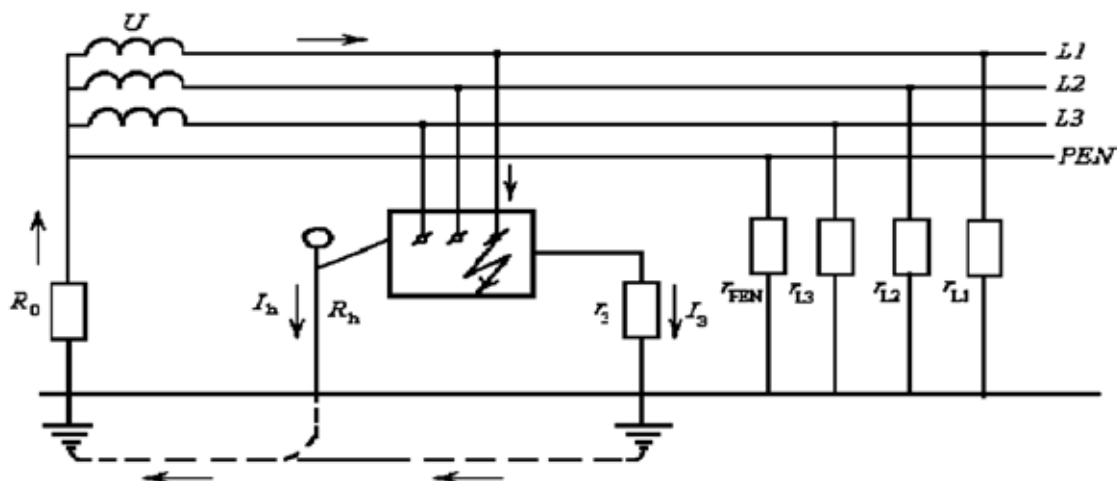
Защита при косвенном прикосновении должна выполняться во всех случаях, если напряжение в питающей сети 50 В переменного и 120 В постоянного тока. В помещениях с повышенной электроопасностью, особо опасных и в наружных установках реализация защиты при косвенном прикосновении может потребоваться при более низких напряжениях, например, при 25 В переменного и 60 В постоянного тока или 12 В переменного и 30 В постоянного тока при наличии требований соответствующих параграфов ПУЭ.

Основным способом защиты человека от поражения электрическим током при прикосновении к металлическим нетокковедущим частям, которые могут оказаться под напряжением в результате повреждения изоляции, является защитное заземление. Защитное заземление выполняется преднамеренным электрическим соединением металлических не токоведущих частей электроустановок с «землей» или её эквивалентом. В качестве заземляющих проводников могут быть использованы специально предназначенные для этой цели проводники, металлические строительные, производственные и электромонтажные конструкции. Для выравнивания потенциа-

лов металлические строительные и производственные конструкции присоединяются к сети заземления.

В работе представлен расчет заземления для помещения ГПА длиной 18,6 м. и шириной 18 м. Принципиальная схема заземления представлена на рисунке [4].

Допустимое сопротивление заземляющего устройства в соответствии с ГОСТ 12.1.030–81 «Электробезопасность. Защитное заземление. Зануление (с Изменением N 1)» принято равным $R_3 \leq R_{\text{доп}} = 4 \text{ Ом}$ (установка до 1000 В, суммарная мощность источников тока, питающих сеть, более 100 кВт.).



Принципиальная схема заземления

Внешнее электроснабжение КС «Пильнинская» осуществляется от ЛЭП с вводом на два трансформатора по 63 МВт. Питающая ГПА сеть – трёхфазная, четырёхпроводная с глухо заземлённой нейтралью, напряжением 380/220В, ток переменный с частотой 50 Гц.

Мероприятия по обеспечению электробезопасности разработаны в соответствии с ГОСТ 12.1.019–79* ССБТ «Электробезопасность. Общие требования» и ПУЭ «Правила устройства электроустановок. Издание 7».

Защитное заземление позволяет обеспечить защиту людей от поражения электрическим током при прикосновении к металлическим нетоковедущим частям, которые могут оказаться под напряжением из-за повреждения изоляции.

Удельное сопротивление грунта[4,5]:

$$\rho_{\text{рас}} = \rho_{\text{гр}} \cdot k, \quad (1)$$

где $\rho_{\text{гр}}$ – удельное сопротивление грунта; k – значение сезонного повышающего коэффициента, принимаем равным $k = 1,45$ (II климатическая зона);

$$\rho_{\text{гр}} = 50 \text{ Ом/м (чернозём);}$$

$$\rho_{\text{рас}} = 100 \cdot 1,45 = 145 \text{ Ом}\cdot\text{м.}$$

Выбираем контурное размещение заземлителя $L = 334,8 \text{ м}$. В качестве заземлителей берутся стальные стержни длиной $l = 2,5 \text{ м}$, $d = 14 \text{ мм}$, верхние концы которых заглубляются в грунт на $H_0 = 0,5 \text{ м}$. Для соединения электродов выбраны стальные полосы сечением $20 \times 4 \text{ мм}^2$.

Сопротивление растеканию тока R_1 :

$$R_b = \frac{\rho_{\text{рас}}}{2\pi l} \left(\ln \frac{2l}{d} + \frac{1}{2} \ln \frac{4H + l}{4H - l} \right) \text{ Ом}, \quad (2)$$

$$R_b = \frac{145}{2 \cdot 3,14 \cdot 2,5} \left(\ln \frac{2 \cdot 2,5}{0,014} + \frac{1}{2} \ln \frac{4 \cdot 1,25 + 2,5}{4 \cdot 1,25 - 2,5} \right) = 44,5 \text{ Ом},$$

$$H = H_0 + 0,5l = 0,5 + 2,5 \cdot 0,5 = 1,25 \text{ м.} \quad (3)$$

Необходимое количество вертикальных заземлителей n предварительно рассчитываем по формуле

$$n = \frac{R_B}{R\eta_B} \text{ шт.} \quad (4)$$

где η_B – коэффициент использования вертикальных заземлителей

$$n \cdot \eta_B = \frac{R_B}{R}, \quad (5)$$

$$n \cdot \eta_B = \frac{44,5}{4} = 11,1,$$

$$n=23 \text{ шт.}; \eta_B = 0,43.$$

Сопротивление растеканию тока с горизонтального заземлителя (соединительной полосы заземлителя):

$$R_r = \frac{\rho_{\text{рас}}}{2\pi L_{\text{пол}}} \left(\ln \frac{L_{\text{пол}}^2}{0,5bt_0} \right) \text{ Ом}, \quad (6)$$

$$L_{\text{пол}} = 1,05 \cdot a \cdot (n-1) = 1,05 \cdot 2,5 \cdot 22 = 57,7, \quad (7)$$

$$R_r = \frac{165}{2 \cdot 3,14 \cdot 94,5} \left(\ln \frac{94,5^2}{0,5 \cdot 0,002 \cdot 0,5} \right) = 6,2 \text{ Ом}$$

Коэффициенты использования вертикальных и горизонтальных электродов с учетом интерполяции:

$$\eta_B = 0,43; \eta_r = 0,26.$$

Сопротивление растеканию тока группового искусственного заземлителя

$$R_{\text{и}} = \frac{R_B R_r}{R_B \eta_r + R_r \eta_B n} \quad (8)$$

$$R_{\text{и}} = \frac{44,5 \cdot 6,2}{44,5 \cdot 0,26 + 6,2 \cdot 0,43 \cdot 22} = 3,8 \text{ Ом}$$

Полное сопротивление установки газоперекачивающего агрегата составляет 3,8 Ом, что меньше допустимого (4 Ом). Таким образом, заземляющее устройство, состоящее из 23 вертикальных заземлителей длиной 2,5 м, диаметром 14 мм, расположенных по контуру и соединенных полосой 20х4, позволяет устранить опасность поражения работника электрическим током при косвенном соприкосновении с металлическими нетоковедущими частями, которые могут оказаться под напряжением из-за повреждения изоляции.

Для защиты от электрических разрядов, статического и атмосферного электричества рекомендуется применение:

- взрывозащищенного оборудования для взрывоопасных зон;
- во взрывоопасных помещениях для заземления электротехнического оборудования специальной жилы кабеля;

- молниеотводов: прожекторные мачты с молниеприемниками и отдельно стоящие молниеотводы, корпуса наружных технологических установок в случаях, допускаемых нормативными документами;

- заземления силовоточных электроустановок и устройств молниезащиты;

- зануления электротехнического оборудования с помощью нулевой жилы кабеля (провода), специально предназначенной для этой цели, а также стальных труб электропроводки, металлических конструкций производственного назначения;

- наружных установок (пылеуловители, свечи, емкости конденсатосборников), защищающих от вторичных проявлений молний и разрядов статического электричества путем заземления на контур по первой категории;

- защиты от заноса высоких потенциалов по подземным коммуникациям в здание и сооружения заземлением всех трубопроводов и брони кабелей на вводах в защищаемые объекты;

- защиты от электростатической индукции и статического электричества присоединением всего оборудования с заземлением от прямых ударов молнии, используемой также в качестве повторного заземления зануленных частей электротехнического оборудования.

Список литературы

1. Марков А.С., Трунова И.Г., Пачурин Г.В., Шевченко С.М., Горшкова Т.А. Оценка профессионального риска на участке сборки и монтажа микросхем // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2016. – № 11 (часть 6). – С. 1017–1022.
2. Марков А.С., Трунова И.Г., Пачурин Г.В., Шевченко С.М. Анализ и улучшение условий труда на участке сборки и монтажа микросхем // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2016. – № 11 (ч.6). – С. 1023–1027.
3. Пачурин Г.В. Производственный травматизм. Монография / Г.В. Пачурин, Т.И. Курагина, Н.И. Щенников. – LAPLAMBERT Academic Publishing GmbH & Co. KG, Germany, 2012. – 201 с.
4. Пачурин Г.В., Елькин А.Б., Миндрин В.И., Филиппов А.А. Основы безопасности жизнедеятельности: для технических специальностей: учебное пособие / Г.В. Пачурин [и др.]. – Ростов н/Д: Феникс, 2016. – 397 с.
5. Пачурин Г.В., Миндрин В.И., Филиппов А.А. Безопасность эксплуатации промышленного оборудования и технологических процессов: Учебное пособие / Г.В. Пачурин, В.И. Миндрин, А.А. Филиппов; под общ. ред. Г.В. Пачурина. – Старый Оскол: ТНТ, 2017. – 228 с.
6. Сауткина А.С., Елькин А.Б., Пачурин Г.В., Шевченко С.М. Оценка профессионального риска в НОАО «ГИДРОМАШ» ретроспективным методом // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2016. – № 12 (ч. 2). – С. 219–223.
7. Филиппов А.А., Пачурин Г.В., Щенников Н.И., Курагина Т.И. Производственный травматизм и направления его профилактики // Современные наукоемкие технологии. – 2016. – № 1. – С. 45–50.
8. Филиппов А.А., Пачурин Г.В., Кузьмин Н.А. Оценка опасных и вредных факторов при производстве калиброванного проката и их устранение технологическими методами // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2016. – № 7–2. – С. 161–164.
9. Щенников Н.И., Пачурин Г.В. Пути снижения производственного травматизма // Современные наукоемкие технологии. – 2008. – № 4. – С. 101–103.
10. Pachurin G.V. Ruggedness of structural material and working life of metal components // Steel in Translation. – 2008. – Т. 38. – №3. – С. 217–220.
11. Pachurin G.V., Filippov A.A. Economical preparation of 40X steel for cold upsetting of bolts // Russian Engineering Research. – 2008. – Т. 28. – № 7. – С. 670–673.
12. Filippov A.A., Pachurin G.V., Naumov V.I., Kuzmin N.A. Low-Cost Treatment of Rolled Products Used to Make Long High-Strength Bolts // Metallurgist. – 2016. – Vol. 59. – Nos. 9–10. January. – С. 810–815.