

FROST HEAVING EFFECT IN THE ELECTRIC POWER INDUSTRY: METHODS OF PROTECTION AND WAYS OF RESEARCH

Shelomentsev V.A.¹, Ogai V.A.² (Russian Federation)

Email: Shelomentsev52@scientifictext.ru

¹Shelomentsev Vladislav Alexandrovich – Student,
DEPARTMENT OF POWER ENGINEERING;

²Ogai Vladislav Alexandrovich – Bachelor,
DEPARTMENT OF DEVELOPMENT AND OPERATION OF OIL AND GAS FIELDS,
INDUSTRIAL UNIVERSITY OF TYUMEN,
TYUMEN

Abstract: in the article, the effect of frost heaving in the frozen and permafrost soils of Russia, the physiological basis of the effect, the dependence on a variety of different factors, as well as the methods for studying this effect are analyzed.

Keywords: freezing and frosted soils, the effect of frost heaving, electric power engineering, grounding systems, thermal stabilization.

ЭФФЕКТ МОРОЗНОГО ПУЧЕНИЯ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ: СПОСОБЫ ЗАЩИТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Шеломенцев В.А.¹, Огай В.А.² (Российская Федерация)

¹Шеломенцев Владислав Александрович – студент,
кафедра электроэнергетики;

²Огай Владислав Александрович – бакалавр,
кафедра разработки и эксплуатации нефтяных и газовых месторождений,
Тюменский индустриальный университет,
г. Тюмень

Аннотация: в статье анализируется эффект морозного пучения в пучинистых и вечномерзлых грунтах России, представлено физическое обоснование эффекта, зависимость от множества различных факторов, дан обзор традиционных и перспективных способов заземления в высокоомных грунтах, а также методы исследования данного эффекта.

Ключевые слова: пучинистые и вечномерзлые грунты, эффект морозного пучения, электроэнергетика, системы заземления, термостабилизация.

На сегодняшний день, в России и других районах мира при строительстве электроэнергетических объектов, впрочем, как и любых других, крайне актуальна проблема эффекта морозного пучения. Большая часть учёных сходятся на том, что при кристаллизации вода, увеличиваясь в объеме примерно на 8-9%, становится главной причиной морозного пучения, где грунт может при этом увеличиваться в объёме на 4-5%. На самом же деле пучение грунта может достигать более 10%, в зависимости от типа грунта, так как происходит дополнительное питание слоя промерзания дополнительной влагой из теплых слоев и естественных источников. Этот процесс называют миграцией влаги к промерзающему фронту, механизмы которого физически очень сложны и многообразны [1].

Величина эффекта морозного пучения зависит от множества факторов, основные из них это:

- условия взаимодействия грунта с сооружениями и их конструкциями;
- зерновой и минералогический состав грунта;
- влажность и плотность грунта в период кристаллизации и накопления влаги;
- гидрологические и геологические местные условия;
- сопротивление грунта промерзанию (теплофизические и теплоизоляционные свойства).

Различаются нормальные силы пучения и касательные силы пучения.

Из них нормальные силы пучения действуют по нормали к подошве объекта и в горизонтальные, которые обжимают объект со всех сторон. Силы пучения касательные действуют по боковой поверхности, и величина их во многом зависит от прочности смерзания грунта с боковой поверхностью. К примеру, в условиях Арктики, в многолетнемерзлых глинистых грунтах с содержанием влаги более 40% наблюдается сезонное морозное пучение грунтов, делающее неэффективным строительство объектов на свайных фундаментах. В таких условиях срок службы линии электропередачи составляет менее 5 лет, а в песчаных грунтах наличие ледяных линз и ледогрунтов с долей льда более 50% затрудняет строительство электростанций. Утепляющий эффект зданий в сочетании с высокой массой энергетического оборудования приводит к неравномерным просадкам грунта на 1-3 м.

Россия – страна, расположенная преимущественно в северном полушарии, что обуславливает низкую температуру в осенне-зимние периоды. Также, по данным СНИП, свыше 80% Московской области представлены пучинистыми грунтами: суглинком, глиной, песками, супесями. При монтаже и эксплуатации систем заземлений, представленных заземляющим контуром из вертикальных и горизонтальных заземлителей, в ходе миграции грунта происходит выталкивание электродов с предварительно рассчитанной и необходимой по стандартам глубины. Это приводит к повышению сопротивления системы заземления, зависящей от удельного сопротивления грунта (который промерзает преимущественно сверху вниз и ввиду низких температур имеет высокоомное сопротивление) и площади соприкосновения с ним (которая снижается ввиду того, что электрод буквально выталкивается на поверхность), отсюда получается потеря рабочих и защитных свойств, что сводится к поломке дорогостоящего электрооборудования и поражению электрическим током людей, вплоть до смертельных случаев.

На данный момент, известно множество способов решения проблем заземления грунта, самые традиционные и известные из них это:

1. Засоление почвы – понижение естественного сопротивления грунта путем добавления в него минеральных солей, рядом с электродом заземления. Соль, смешиваясь с грунтовой влагой, превращается в электролит, тем самым улучшается электропроводность грунта и понижается температура замерзания. Но это серьезное нарушение экологического баланса почв, ускоренная коррозия заземляющих устройств и недолговечное решение, ввиду размывания почв естественными грунтовыми водами.

2. Замена грунта или части грунта вокруг электрода засыпкой с высокой электропроводностью или почвой с меньшим удельным сопротивлением (угольная обработка, засыпка коксовой мелочью и т. п.). Достаточно широко применяемое решение, но имеющая несколько недостатков, проявляющихся в трудоемкости процесса работ и тяжелых климатических условиях, соответственно, стоимость таких работ при наличии дорогостоящего спецоборудования возрастает в геометрической прогрессии.

3. Глубинные заземлители, монтаж которых предусматривает бурение глубоких скважин, глубиной от 8 до 100 метров с последующей установкой стальной шины и засыпкой ее глинисто-песчаной смесью с хлоридом натрия. При данном способе обязательно наличие на площадке специальной буровой техники. Данный вид работ очень дорогой за счет значительного увеличения трудозатрат, связанных с бурением, установкой обсадных труб и других работ. Стоимость устройства такого заземления еще больше возрастает при производстве работ в скальных грунтах [2].

Одним из перспективных и недорогих способов может оказаться термостабилизация грунта, в совокупности с установкой систем заземления, при помощи сезонно-охлаждающих устройств. Принцип работ у всех них одинаков: герметичная труба, в которой находится теплоноситель — хладагент: углекислота, аммиак и др. Труба состоит из двух секций. Одна секция размещается в земле и называется испарителем. Вторая, радиаторная секция трубы, расположена на поверхности. Когда температура окружающей среды опускается ниже температуры земли, где залегает испаритель, пары хладагента начинают конденсироваться в радиаторной секции. В результате снижается давление и хладагент в испарительной части начинает вскипать и испаряться. Этот процесс сопровождается переносом тепла из испарительной части в радиаторную [3]. Благодаря этому можно поддерживать постоянство температуры над электродом, за счет чего не будет происходить таяние грунта, что устраняет одну из главных причин возникновения эффекта морозного пучения.

Исследование эффекта морозного пучения, причины и тому подобное есть краеугольный камень для множества специалистов, которые до сих пор не сошлись в каком-либо единственном мнении или теории. Все из-за множества видов и характеристик почв, из-за чего грунт приобретает сложную трехмерную структуру, вследствие чего логарифмический расчет одиночных горизонтальных и вертикальных заземлителей на деле практически на 100% неверен. Поэтому для исследования этой проблемой применяется математическое моделирование (в таких программных комплексах, как FROST 3DUNIVERSAL) и сбор статистических данных и выведение разного вида зависимостей (от глубины заземления, от скорости промерзания, от содержания влаги и др.) при помощи экспериментальных установок с применением различных методик, например, тензометрических, т.е. с применением тензорезисторов, датчиков, что изменяют свое удельное сопротивление под воздействием деформации грунта при его миграции и пучении.

Список литературы / References

1. *Гольшштейн М.Н.* Механические свойства грунтов (напряженно-деформативные и прочностные характеристики) / М.Н. Сычев. Москва: Стройиздат, 1979. 304 с.
2. Особенности заземления электроустановок в вечномёрзлых и других грунтах с изолирующим основанием, проблемы и способы их решения. / ООО «Бипрон» // Нефтегазовое оборудование

[Электронный ресурс], 2018. Режим доступа: <http://ngo.slant.ru/interview/id51/> (дата обращения: 06.05.2018).

- 3 *Аникин Г.В.* Изоэнтропная модель тепломассопереноса в термостабилизаторе // Деп. В ВИНИТЕ РАН. 27.08.2008. № 730-В2008.
- 4 *Галкин М.Л.* Термостабилизация вечномёрзлых грунтов / М.Л. Галкин, Л.С. Генель, А.М. Рукавишников // Холодильная техника. № 10, 2013. С. 44–47.