

4. Lloyd's Register. Ship Vibration and Noise. GuidanceNotes. [Elektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: <https://www.cdinfo.lr.org/information/Documents/LRGuidance/Vibration%20&%20Noise%20Guidance%20Notes%20.pdf>. July 2006. S.54.
5. Nacional'nyj standart Rossijskoj Federacii. GOST R ISO 20283-4-2017. Vibraciya. Izmereniya vibracii na sudah. CHast' 4. Izmereniyaocenkvibracii sudovojpropul'sivnojustanovkiIdentichenISO 20283-4 Mechanicalvibration – Measurementofvibrationonships, Part 4: measurementandevaluationofvibrationoftheshipp propulsionmachinery. M.: Standartinform, 2019.
6. Mezhdunarodnyj standart. GOST ISO 10816-6-95. Vibraciya mekhanicheskaya. Ocenka sostoyaniya mashin po rezul'tatam izmerenij vibracii na nevrashchayushchihsya chastyah. CHast' 6. Mashiny s vozvratno-postupatel'nym dvizheniem nominal'noj moshchnost'yu svyshe 100 kVt. Identichen ISO 10816-6:1995. Mechanical vibration — Evaluation of machine vibration by measurements on non-rotating parts — Part 6: Reciprocating machines with power ratings above 100 kW.
7. Mezghosudarstvennyj standart. GOST 31349-2007. Elektroagregaty generatornye peremennogo toka s privodom ot dvigatelya vnutrennego sgoraniya. Izmerenie vibracii i ocenka vibracionnogo sostoyaniya. IdentichenISO 8528-9:2017 Reciprocating internal combustion engine driven alternating current generating sets – Part 9: Measurement and evaluation of mechanical vibrations.M.: Standartinform, 2008.
8. GOST ISO 10816-1-97. Vibraciya. Kontrol' sostoyaniya mashin po rezul'tatam izmerenij vibracii na nevrashchayushchihsya chastyah. CHast'I. Obshchietrebovaniya. M.: Izdatel'stvo standartov, 1998.
9. Mezghosudarstvennyj standart. GOST 32108-2013. Vibraciya. Izmereniya vibracii, peredavaemoj mashinoj cherez uprugie izolyatory. Dvigateli vnutrennego sgoraniya porshnevnye vysokoskorostnye i sredneskorostnye. Identichen ISO 13332:2000. Mechanical vibration. Measurement of vibration transferred into resilient isolators. High-speed and medium-speed reciprocating internal combustion engines. M.: Standartinform, 2019.
10. Nacional'nyj standart Rossijskoj Federacii. GOST R ISO 20283-3-2017. Vibraciya. Izmereniya vibracii na sudah. CHast' 3. Izmereniya vibracii sudovogo oborudovaniya pered ego ustanovkoj. IdentichenISO 20283-3 Mechanicalvibration – Measurementofvibrationonships, Part 3 preinstallation vibrationmeasurementofshipboardequipment.M.: Standartinform, 2019.
11. Sergeevichev A.V., Porohnya A.A., Gladkij P.P., Olisevich O.V., Fotiadi A.F., Cygankov A.E., Meleshin V.V., Lebedincev S.N., Maksimov A.S. Ustrojstvo, funkcionirovanie i tekhnicheskoe obsluzhivanie sovremennoj stroitel'noj tekhnikiCATERPILLAR: uchebnoe posobie, Stavropol': SKGTU, 2011.–299 S.
12. Roger Arévalo Gómez. Measurement and analysis of vibrations - evaluation of the criteria of acceptance ISO Standard 10816-6. DOI: <https://doi.org/10.25043/19098642.196>. Ship Science & Technology - Vol. 13 - n.º 26 - (39-44) January 2020 - Cartagena (Colombia). S39-44. 2020.

УДК.629.7.051

DOI: 10.34046/aumsuomt101/18

ПРИМЕНЕНИЕ ИНДУКЦИОННОГО ПЛОСКОГО ЛИНЕЙНОГО НАГРЕВАТЕЛЯ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ПОРТОВЫХ ПЕРЕГРУЗОЧНЫХ КОМПЛЕКСОВ ДЛЯ НАЛИВНЫХ ГРУЗОВ

Р.Г. Дубровин, кандидат технических наук

В.Н. Таламанов, кандидат технических наук

Г.Л. Козенкова, доцент

В соответствии с результатами проведенного анализа и оценки существующих видов нагрева и нагревательных устройств, установлено, что для рассматриваемых условий весьма эффективно применение бесконтактных индукционных нагревателей. На основе проведенных теоретических и экспериментальных исследований разработана экспериментальная модель индукционного плоского линейного нагревателя для обеспечения нормализации температурных режимов работы элементов технических систем и комплексов, осуществляющих перемещение различных видов грузов, включая обеспечение требуемого уровня температурных параметров конструктивных элементов и транспортируемых грузов. Выполненный в настоящей работе анализ вопросов создания специальных индукционных нагревателей представляется весьма актуальным и имеющим научный и практический интерес.

Ключевые слова: трубопроводный транспорт, индукционный нагреватель, технические системы и комплексы.

THE USE OF AN INDUCTION FLAT LINEAR HEATER IN THE OPERATION OF PORT TRANSSHIPMENT COMPLEXES FOR LIQUID CARGO

R.G. Dubrovin, V.N.Talamanov, G.L.Kozenkova,

In accordance with the results of the analysis and evaluation of existing types of heating and heating devices, it was found that the use of contactless induction heaters is very effective for the conditions under consideration.

Based on the theoretical and experimental studies carried out, an experimental model of an induction flat linear heater has been developed to ensure the normalization of the temperature modes of operation of elements of technical systems and complexes carrying out the movement of various types of cargo, including ensuring the required level of temperature parameters of structural elements and transported cargo. The analysis of the issues of creating special induction heaters carried out in this paper seems to be very relevant and of scientific and practical interest.

Keywords: pipeline transport, induction heater, technical systems and complexes.

При эксплуатации транспортных систем и комплексов, осуществляющих перемещение различных видов грузов весьма важное значение, имеет обеспечение требуемого уровня температурных параметров конструктивных элементов и транспортируемых грузов, что может быть обеспечено на основе применения специальных нагревателей [1].

В соответствии с результатами проведенного анализа и оценки существующих видов нагрева и нагревательных устройств, установлено, что для рассматриваемых условий весьма

эффективно применение бесконтактных индукционных нагревателей.

Известно, что индукционный нагрев предопределяет бесконтактный характер передачи энергии к загрузке, надежность, высокие скорости и КПД процессов нагрева [2, 3].

Положительные оценки индукционного нагрева обусловили чрезвычайно широкую область его применения [4]. В таблице 1, составленной на основе обзора отечественной и зарубежной литературы, приведены известные на сегодня области применения этого вида нагрева.

Таблица 1 – Области применения низкотемпературного индукционного нагрева

Области применения	Виды операций с применением индукционного нагрева
Машиностроение и металлургия	Нагрев под посадку и снятие напрессованных деталей; термообработка после закалки и механической обработки; нагрев заготовок при обработке давлением; нагрев заготовок перед резанием; обогрев цинковальных ванн; сушка лакокрасочных покрытий и электроизоляции.
Химическая промышленность	Обогрев реакторов и аппаратов; нагрев жидкостей и газов; обогрев инструмента при обработке пластмасс; обогрев вращающихся валков, роликов и т.п.
Строительство и монтаж	Термообработка бетона; сушка древесины; варка битума; подогрев перед сваркой и термообработкой сварных швов; сушка асбеста; разрушение железобетона.
Транспорт	Выгрузка смерзшихся сыпучих материалов; обогрев бункеров, течек, желобов и т.п.; обогрев железнодорожных стрелок; обогрев трубопроводов.
Сельское хозяйство, быт и другие применения	Обогрев теплиц и животноводческих помещений; водонагреватели; кухонные плиты; легкая и пищевая промышленность; ремонт кабелей; дефектоскопия.

В соответствии с результатами теоретических экспериментальных исследований [5, 6] разработан специальный индукционный плоский линейный нагреватель (ИНП-1) предназначенный

для обогрева трубопроводов или больших металлических емкостей жидкостей или сыпучих материалов в них находящихся без непосредственного контакта с нагреваемой поверхностью через немагнитный зазор (рис. 1).

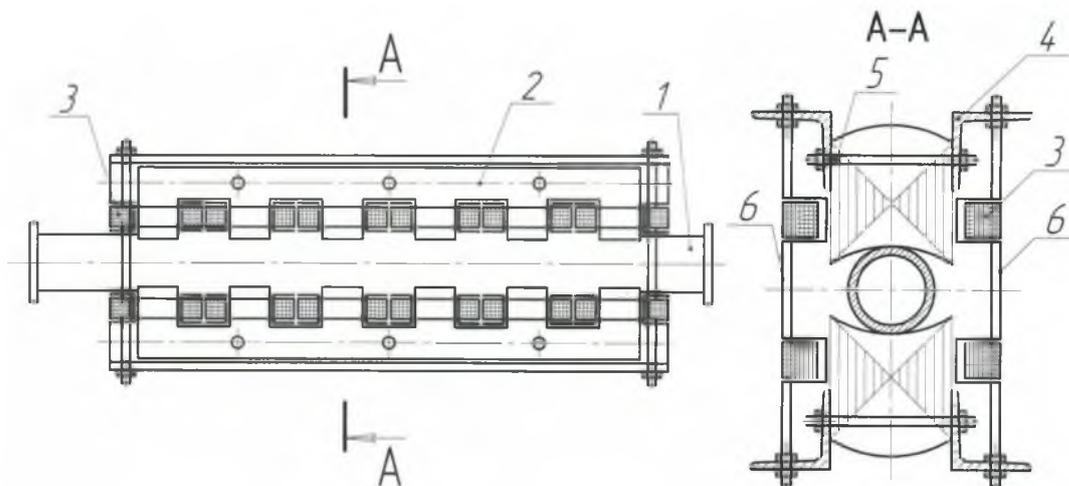


Рисунок 1 - Индукционный плоский линейный нагреватель

1 - трубопровод; 2- магнитопровод; 3- обмоточные секции (катушки); 4 - уголки; 5 - стягивающие шпильки; 6 - шпильки крепления индукторов

Питание нагревателя осуществляется от сети трехфазного тока промышленной частоты. Эксплуатация нагревателя предусматривается на прямолинейных, криволинейных, с большим радиусом закругления, участках трубопровода или других металлических емкостей, как в закрытых помещениях, так и вне их в тяжелых погодных условиях, при высокой влажности и низких температурах.

Нагрев металлических поверхностей и токопроводящих жидкостей, материалов, находящихся под ними, осуществляется трехфазным линейным индуктором, бегущее магнитное поле которого, замыкаясь через немагнитный зазор, по стенкам ферромагнитного материала и вне его передает ему тепловую энергию за счет вихревых токов.

Тепловой эффект обеспечивается как попеременным магнитным полем, создаваемым отдельными полюсами трехфазного индуктора, так и за счет бегущего магнитного поля перемещающегося вдоль нагреваемой поверхности.

Индуктор фактически представляет собой развернутый в линейный статор асинхронный с явнополюсной или распределенной обмоткой машину, роль заторможенного ротора которой выполняет ферромагнитный и токопроводящий материал. При такой системе нагревания (по аналогии с электрическими машинами) 80-85% активной мощности двигателя передается в заторможенный ротор, а 15-20% - теряется в обмотке статора.

Таблица 2

№ пп	Наименование параметра	Единица измерения	Значение параметра
1	Диаметр трубопровода	мм	до 120
2	Средний рабочий немагнитный зазор	мм	5
3	Питание от трехфазной сети	В	380
4	Частота питающей сети	Гц	50
5	Скорость бегущего магнитного поля	м/с	28,5
6	Количество индукторов.		2
7	Активная мощность нагревателя	кВт	35
8	Активные потери в обмотках индукторов	кВт	8
9	Мощность, отдаваемая в трубопровод	кВт	27
10	Полная мощность	кВА	65
11	Коэффициент мощности		0,55
12	Коэффициент полезного действия		0,77
13	Длина нагревателя	мм	1200
14	Ширина нагревателя	мм	170
15	Высота нагревателя	мм	270-320
16	Масса нагревателя	кг	70

Экспериментальные исследования опытного образца плоского индукционного нагревателя были проведены в лабораторных условиях.

Основной интерес при исследовании индукционного нагревателя представляли опыты

Конструктивно индукционный плоский линейный нагреватель состоит из двух линейных индукторов (рис. 1), обращенных активными поверхностями друг к другу так, что между ними размещается трубопровод (1) при этом шпильки крепящие индукторы друг к другу позволяют регулировать зазор между индукторами в широком диапазоне.

Очевидно, что данный нагреватель может иметь применение для трубопроводов различных диаметров. Индуктор состоит из магнитопровода (2) и обмоточных секций (катушек) (3) питаемых от трехфазной сети переменного тока промышленной частоты. Магнитопровод выполняется из листов электротехнической стали в виде пакетов. Пакеты формируются при помощи уголков (4) стягивающих шпилек (5). Предлагаемая модель плоского индукционного нагревателя позволяет формировать его из однотипных модульных индукторов на действующих трубопроводах и металлоконструкциях любого диаметра и различных геометрических размеров без их демонтажа. Мощность этих нагревателей может быть практически любой и будет определяться числом модульных индукторов.

Экспериментальный образец плоского индукционного нагревателя (ИНП-1) состоящий из двух модульных индукторов имеет следующую техническую характеристику (табл.2).

холостого хода и короткого замыкания, под которыми необходимо соответственно понимать работу нагревателя при отсутствии нагреваемого объекта и при его наличии.

Зависимости коэффициента мощности $\cos\varphi$, тока холостого хода J_0 , активной мощности холостого хода P_0 приведены на рисунке 2.

Для определения параметров короткого замыкания произведен опыт короткого замыкания.

Этот опыт фактически соответствует нормальному режиму работы индукционного нагревателя. Обычно подобный опыт проводят при напряжении, изменяющемся от нуля до $U = U_{ном}$.

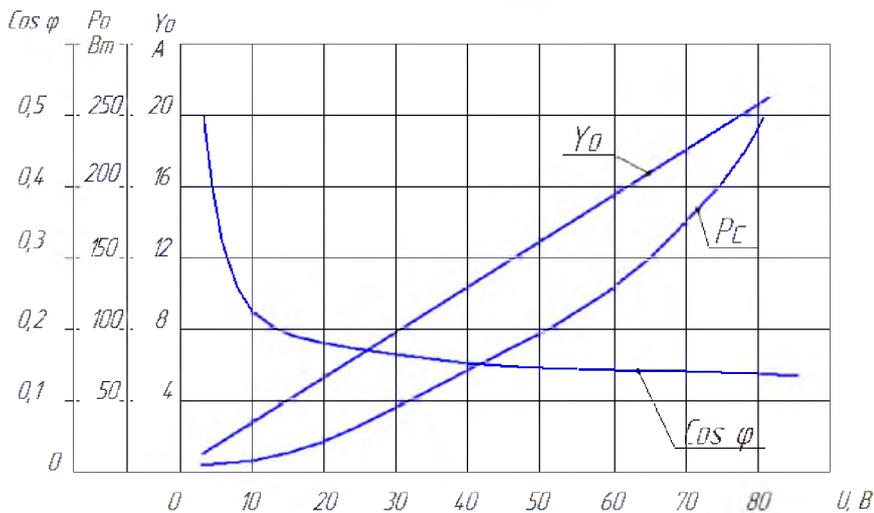


Рисунок 2 - Характеристика нагревателя при холостом ходе

При этом можно считать, что мощность короткого замыкания тратится только на покрытие потерь в меди обмоток нагревателя и нагрев объекта.

В рассматриваемом случае должна существовать зависимость между током в обмотке и параметрами короткого замыкания. Это определяется тем, что имеется явно выраженная зубчатость магнитопровода, то есть влияние будет сказывать геометрия пазовой зоны.

Основные зависимости в режиме короткого замыкания: тока $J_k = f(U_k)$, активная мощность $P_k = f(U_k)$, полного сопротивления $Z_k = f(U_k)$, индуктивного $X_k = f(U_k)$, и активного $R_k = f(U_k)$, сопротивлений от напряжения приведены на рисунке 3.

Результаты испытаний приведены в таблице 3.

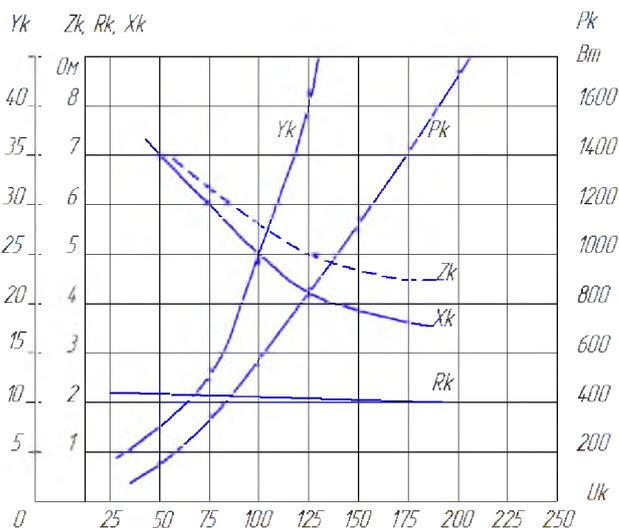


Рисунок 3 - Характеристика нагревателя при коротком замыкании

Таблица 3 – Опыт короткого замыкания

$U_k, В$	75	70	60	50	40	30	135
$J_k, А$	11,6	10,5	8,7	7,1	5,4	4,8	49
$P_k, Вт$	300	240	180	115	70	50	2400
$Z_k, Ом$	6,47	6,66	6,91	7,04	7,41	6,25	5,5
$R_k, Ом$	2,23	2,18	2,38	2,28	2,4	2,17	2,1
$X_k, Ом$	6,07	6,29	6,49	6,66	7,01	5,91	5,08

Проведенные в лабораторных условиях экспериментальные испытания показали, что рассматриваемый индукционный плоский нагреватель имеет достаточно высокие энергетические показатели и может быть эффективно использован для нормализации температурных режимов работы элементов транспортных систем и комплексов в процессе эксплуатации.

Литература

1. Низкотемпературный электронагрев /Под ред. А.Д. Свенчанско. – М.: Энергия, 1978.
2. Кувалдин А.Б. Индукционный нагрев ферромагнитной стали. – М.: Энергоатомиздат, 1988.
3. Жуковский В. Е., Кувалдин А. Б. Индукционные установки низкотемпературного нагрева для различных технологических процессов. // Электротехника. – 1986. – № 3. – С. 16-19.
4. Индукционная установка ИИП-250/П-И1 для строительной индустрии/ П. П. Артышевский, М. И. Белугин, Н. М. Дергачева и др. //Электротехнических промышленность. Сер. Электро-термия. – 1984. – вып. 6. – С. 14-15.
5. Павлов Н. А. Инженерные тепловые расчеты

индукционных нагревателей. – М.: Энергия, 1978. –120 с.

6. Электротермическое оборудование: справочник /под ред. А. П. Альтгаузена. –М.: Энергия, 1980. –416 с.

References

1. Nizkotemperaturnyj elektronagrev /Pod red. A.D. Svenchansko - M.: Energiya, 1978.
2. Kuvaldin A.B. Indukcionnyj nagrev ferromagnitno jstali. - M.: Energoatomizdat, 1988.
3. Zhukovskij V. E., Kuvaldin A. B. Indukcionnye ustanovki nizkotemperaturnogo nagreva dlya razlichnyh tekhnologicheskikh processov. - Elektrotehnika, 1986, № 3, s. 16-19.
4. Indukcionnaya ustanovka ИП-250/П-И1 dlya stroitel'noj industrii/ P. P. Artyshvskij, M. I. Belugin, N. M. Dergachevai dr. – Elektrotehnicheskikh promyshlennost'. Ser. Elektrotermiya, 1984, vyp. 6, s. 14-15.
5. Pavlov N. A. Inzhenemye teplovye raschety indukcionnyh nagrevatelej. - M.: Energiya, 1978. - 120 s.
6. Elektrotermicheskoe oborudovanie: Spravochnik/Pod red. A. P. Al'tgauzena. -M.: Energiya, 1980. -416 s.

УДК 621.431.7

DOI: 10.34046/aumsuomt101/19

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АММИАКА В КАЧЕСТВЕ ТОПЛИВА ДЛЯ СУДОВ С ЦЕЛЬЮ СНИЖЕНИЯ ВЫБРОСОВ ДИОКСИДА УГЛЕРОДА В АТМОСФЕРУ

М. Р. Нейжмак, аспирант

А.И. Епихин, кандидат технических наук, доцент

М.А. Модина, кандидат технических наук, доцент

В статье рассмотрено одно из перспективных решений проблемы выбросов парниковых газов с судов. Использование аммиака в качестве топлива имеет ряд преимуществ по сравнению с другими аналогами углеродно-нейтральных топлив. В статье приведены сравнения физико-химических показателей современных топлив. Представлены диаграммы выбросов на стадии производства и эксплуатации. Произведен анализ цен на аммиак вплоть до 2050 года. Рассмотрены методы получения зеленого, серого и синего аммиака в промышленных масштабах. Отдельное внимание достойно того, что технология уже начинает внедряться крупными двигателестроительными компаниями такие как MAN и Wartsila. К 2024 -2025 году должны появиться первые суда, имеющие на своем борту энергетическую установку, работающую на аммиаке. В статье описаны основные принципы работы такой машины и продемонстрированы отличия от традиционных двигателей. Также рассмотрена принципиальная схема топливо-поддачи двигателя и особая система сокращения выбросов оксида азота. Произведено сравнение с водородным топливом с учетом всех преимуществ и недостатков. По завершении всех работ, можно говорить о том, что для выполнения плана ИМО по снижению выбросов к 2050 году, аммиак является одним из крайне удачных решений как с экологической, так и с экономической стороны.

Ключевые слова: экология, альтернативные виды топлива, выбросы вредных веществ с судов, затраты, аммиак

THE USE OF AMMONIA AS FUEL FOR SHIPS IN ORDER TO REDUCE CARBON DIOXIDE EMISSIONS INTO THE ATMOSPHERE

M.R. Neizhmk, A.I. Epikhin, M.A. Modina

The article discusses one of the promising solutions to the problem of greenhouse gas emissions from ships. The use of ammonia as a fuel has a number of advantages over other carbon-neutral fuel analogues. The article presents comparisons of physicochemical parameters of modern fuels. Diagrams of emissions at the production