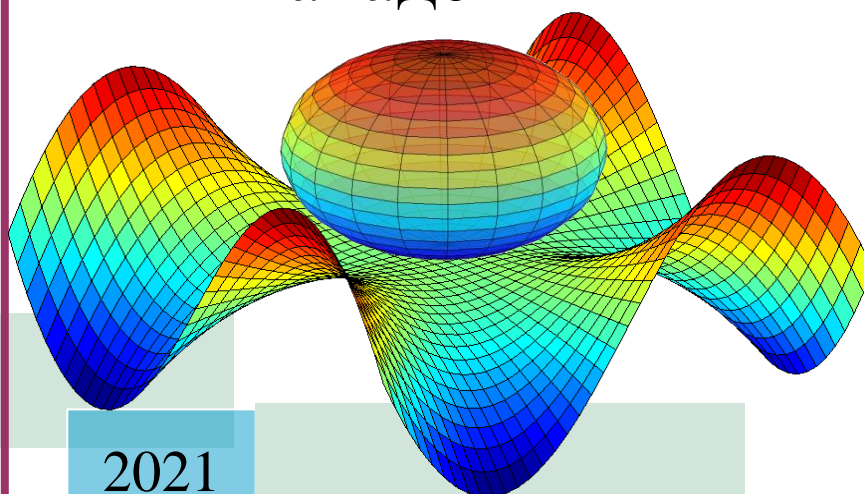


Министерство науки и высшего образования  
Российской Федерации

# ИЗВЕСТИЯ

Северо-Кавказской  
государственной  
академии



2021

№ 1

## **РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ**

Главный редактор Джендубаев А.-З.Р.

### ***Секция гуманитарных и экологических наук***

Айбазова М.Ю. – председатель секции, Дармилова Э.Н., Даурова А.Б.,  
Нагорная Г.Ю., Напсо М.Д.

### ***Секция математики, физики и информационных технологий***

Эдиев Д.М. – председатель секции, Борлаков Х.Ш., Кочкаров А.М., Тамбиева Д.А.,  
Хапаева Л.Х.

### ***Секция медицинских наук***

Хапаев Б.А. – председатель секции, Гюсан А.О., Котелевец С.М., Смянов В.В.,  
Темрезов М.Б., Чаушев И.Н.

### ***Секция сельскохозяйственных наук***

Смакуев Д.Р. – председатель секции, Джашеев А.-М.С., Гедиев К.Т., Гочияев Х.Н.,  
Гочияева З.У.

### ***Секция технических наук***

Боташев А.Ю. – председатель секции, Байрамуков С.Х., Бисилов Н.У.

### ***Секция экономики***

Канцеров Р.А. – председатель секции, Токова Л.Д., Тоторкулов Ш.М.,  
Узденова Ф.М., Шордан С.К.

### ***Секция юриспруденции***

Кочкаров Р.М. – председатель секции, Клименко Т.М., Напсо М.Б., Одегнал Е.А.,  
Чочуева З.А.

### ***Секция изобразительного искусства и прикладных видов искусств***

Атаева Л.М. – председатель секции, Урусова Н.П., Урусова М.Ю., Хапчаева З.А.

---

Адрес редакции и издателя: 369000, Россия, КЧР, г. Черкесск,  
ул. Ставропольская, 36, Северо-Кавказская государственная академия.

Телефон: 8(8782)293648; 8(8782)293560. E-mail: [izvest\\_akad@mail.ru](mailto:izvest_akad@mail.ru).

[http://ncsa.ru/page/content/nauchno-prakticheskii-i-uchebno-metodicheskii-  
zhurnal-izvestija-sevkavggta.html](http://ncsa.ru/page/content/nauchno-prakticheskii-i-uchebno-metodicheskii-zhurnal-izvestija-sevkavggta.html)

---

---

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ

# ИЗВЕСТИЯ

Северо-Кавказской государственной академии

НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

ИЗДАЕТСЯ С 2010 ГОДА

Учредитель и издатель – Северо-Кавказская государственная академия

№ 1, 2021

---

## СОДЕРЖАНИЕ

### *ГУМАНИТАРНЫЕ И ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ*

**Напсо М.Д., Бостанов А.К.** Система образования в эпоху постиндустриализма..... 3

### *ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ*

**Джендубаев Э.А.-З., Астежева Э.Ш. Хамшаова М.Р., Джендубаев А.-З.Р.** Моделирование силового полупроводникового трансформатора для энергосистем постоянного тока в системе MATLAB/SimPowerSystems..... 8

**Кятов Н.Х.** Измерение напряжений в грунтах оснований фундаментов естественного сложения ..... 18

CONTENTS ..... 24

**ГУМАНИТАРНЫЕ И ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ**

УДК 304.2

**СИСТЕМА ОБРАЗОВАНИЯ В ЭПОХУ ПОСТИНДУСТРИАЛИЗМА**

Напсо М. Д., Бостанов А.К.

Северо-Кавказская государственная академия

*В статье исследуются вопросы, связанные с развитием системы образования в условиях постиндустриализма. Анализируется воздействие принципов рыночных отношений на область образования, рассматриваются условия появления феномена образовательной услуги, акцентируется внимание на ее востребованность экономическими реалиями и требованиями консьюмеристского мировоззрения.*

**Ключевые слова:** образование, постиндустриализм, образовательная услуга, репрессивные потребности, прагматизм, инфотейнмент.

В эпоху постиндустриализма, который характеризуется усилением рыночных тенденций, изменилась природа потребления, тенденции его развития существенно трансформировали направленность социальных процессов и характер функционирования социальных институтов, оказали существенное влияние на статусные позиции индивидов и социальных групп в обществе, на повседневную жизнь людей. Подверглась изменениям и система образования, следствием чего стало возникновение феномена образовательной услуги, явившейся, в свою очередь, отражением требований рыночных отношений. Это и многое другое придает исследуемой проблематике актуальность и повышенный интерес со стороны научного сообщества.

В современном обществе образование предстает в разных ипостасях: и как условие развития материального и духовного производства; и как потребительская услуга, обеспечивающая и развивающая разнообразные способности индивида. В отличие от прежних эпох, когда потребление выступало в качестве экономически необходимого явления, специфика современного производства ориентирует индивида на чрезмерное и расточительное потребление, что согласуется с законами рыночных отношений. В результате потребление превращается в бесконечный процесс обладания новым, и индивид оказывается в пространстве несвободы, его сознание и поведение, по мнению З. Баумана, оказываются запрограммированными априори.

Постиндустриализм придает явлениям и вещам черты символических знаков, значимых и востребованных, порождая феномен демонстративного потребления, который приобретает черты симулякров, которые обладают «внушающей и манипулирующей силой; они распространяют ложное сознание, снабженное иммунитетом против собственной ложности. И по мере того, как они становятся доступными для новых социальных классов, то воздействие на сознание... превращается в образ жизни... как следствие, возникает модель одномерного мышления и поведения...» [1], – подчеркивал Г. Маркузе. В таких условиях, по его мнению, происходит потеря индивидом способности критически осмысливать и оценивать подлинность бытия, формируются ложные (репрессивные) потребности,

объективно ведущие к деиндивидуализации, а значит, к возникновению конформистского типа личности. Индивид становится зависимым от установок потребительского сознания, поскольку он предстает человеком единственного измерения, диктуемого обществом потребления. Кроме того, его идентификация определяется выбором потребительских практик, в особенности престижных, и этот процесс потребления становится бесконечным. Выход видится Г. Маркузе в Великом Отказе, в неприятии ложных ценностей, в том числе и ценности потребления как «обязанности масс».

Потребительские тенденции эпохи постиндустриализма охватили и систему образования, в которой получили развитие прагматизм и утилитаризм, приведшие к снижению значимости научного знания как такового: «чем меньше мысль можно объяснить в терминах, знакомых и понятных для мужчин и женщин, погруженных в ежедневную борьбу за выживание, тем больше она соответствует стандартам человеческой природы; чем меньше она может быть оправдана в терминах материальной выгоды и использования как ценника, прикрепленного к ней в супермаркете..., тем выше ее гуманизирующая ценность» [2, с.50], – справедливо замечает З. Бауман, тем подчеркивая особую значимость для общества потребления денег. В отличие от прежних времен, когда влияние учителя было безусловным, сегодня, в эпоху господства информационных технологий, его авторитет оказался потесненным. Процессы приватизации, проникшие в среду образования, сделали его (в том числе и высшее образование) доступным для всех, без учета призвания, дарований, желаний. В результате главной целью образования становится подготовка специалиста, ориентированного на успешную адаптацию и интеграцию в мир рыночных отношений. Нацеленность на прагматизм ведет к тому, что социальные взаимодействия и связи оцениваются с точки зрения выгоды и полезности, и это напоминает действие социальных фильтров, с помощью которых отсеиваются те, в ком нет нужды.

Становление рыночной экономики и формирование новых производственных отношений привели к появлению феномена образовательной услуги, которая стала товаром, с одной стороны. С другой, она стала важнейшим фактором развития конкурентной борьбы, инструментом, способствующим эффективному функционированию современного производства, важнейшим человеческим ресурсом. И с данной точки зрения образование в качестве потребительской услуги есть несомненное благо, поскольку оно способствует формированию потребительской ценности в виде знаний, компетенций, навыков и умений. Сказанное подтверждается появлением новых научных направлений, таких как экономика образования, социология образования, маркетинговые исследования в сфере образования и т.д., которые исследуют феномен образовательной услуги как явления, содержащего в себе как позитивные, так и негативные моменты. Несмотря на различия в подходах, большинство исследователей, подчеркивая растущую роль процессов информатизации, приведших к повышению спроса на образовательные услуги, склонно полагать, что образовательная услуга содействует развитию человеческого капитала, процессам самоутверждения и социализации личности. В системе образования можно выделить ряд аспектов: «первый – *нормативный* – формальная совокупность свойств и характеристик образовательных услуг, обуславливающих их способность удовлетворять минимальные потребности потребителей в получении образования...

Второй аспект *рыночный*. Он включает понятие "сравнительное качество" получения образования и служит мерой конкурентоспособности специалиста на рынке труда. Эта характеристика определяется спросом-предложением на рынке труда, уровнем подготовки в конкретном вузе, индивидуальными способностями обучаемого... Качество в первом случае определяется мерой соответствия образовательных услуг требованиям образовательных стандартов... во втором случае... мерой продвижения специалиста в служебной и карьерной деятельности...» [3, с. 80].

Рассуждая на тему проникновения элементов рыночных отношений в образовательную среду, следует отметить то, что между производительным потреблением и потребительным производством существует разница. В первом случае образование выступает в качестве важнейшего фактора развития производства и экономики в целом. Во втором случае – речь идет о формировании явления образовательной услуги. Под данным понятием подразумевают следующее: саму учебно-педагогическую деятельность; формирование такой системы образования и таких специальностей, которые отвечали бы потребностям рынка, требованиям современного производства и условиям усиливающейся конкуренции, проявляющейся во всех областях человеческой деятельности; систему знаний, умений и навыков, способствующих реализации многообразных запросов индивидов, социальных групп, общества в целом.

Но расширяющиеся процессы коммерциализации образования приводят к изменению рынка образовательных услуг: формируется структура спроса и предложения, соответствующая требованиям рыночного времени, в чем принимают непосредственное участие различные социальные акторы. В результате образование приобретает коммерчески-потребительскую направленность, что не может не сказываться на его содержании, с одной стороны. С другой – ухудшается качество образовательных услуг, а сам образовательный процесс организуется таким образом, чтобы максимально удовлетворить потребности и ожидания потребителя этих услуг. Хотя, как считают многие, образование, если оно призвано формировать *человека*, должно быть вне процессов спроса и предложения, поскольку в таком случае происходит его деформация, которая ведет к девальвации духовных ценностей.

Экономические трансформации вызывают изменения во всех сегментах общества, даже в тех, которые, казалось бы, далеки от экономики, в частности в образовании, которое становится механизмом регуляции рыночных отношений, и механизмом достаточно эффективным. Но в условиях рынка образование становится своеобразным социальным маркером: через систему потребительских координат индивид обретает индивидуальность, они являются условием отличия его от других. В процессе превращения образования в потребительскую услугу происходит не только и не столько удовлетворение потребности в соответствующем образовании как таковом (хотя и это имеет место быть), сколько в демонстрации его как символа успешности и достигнутого социального статуса, и эти процессы особенно проявились в сфере высшего образования, которое стало общедоступным. Образование становится все более олицетворением социальной успешности, и прежде всего – экономической. Так образование, с одной стороны, является двигателем экономического прогресса, а с другой, формирует соответствующее индивидуальное и коллективное мировоззрение, ориентированное на

потребление, тем опять-таки способствуя экономическому росту. Оно стимулирует соответствующее времени потребительское поведение.

Развитие современной экономики невозможно без применения инновационных технологий, развитие которых возможно исключительно на основе использования знаний из области фундаментальных, естественнонаучных, инженерно-технических наук, интерес к которым не высок, в том числе и по причине их сложности. Происходит, с одной стороны, усиление тенденции к упрощенчеству (сокращается объем часов на преподавание фундаментальных наук), и главным становится быстрое усвоение получаемых знаний, которые также быстро забываются. С другой стороны – численность студентов, выбирающих гуманитарные специальности, не так уж и велика, поскольку эти науки воспринимаются как ненужные и бесполезные, т. к. не приносят никакой пользы. Современное поколение демонстрирует интерес к предметам, которые связаны с практической стороной жизни, подходят к ней инструментально, с точки зрения выгоды, что связано с требованиями узкой специализации, утверждаемой постиндустриализмом. Важную роль играет и фактор конкурентоспособности, поэтому востребованными становятся знания, которые приносят коммерческую пользу.

Есть одно обстоятельство, о котором нельзя не сказать. Ученые и практики пишут о возникновении феномена эдьютеймента, смысл которого состоит в обучении через развлечение. Обучение с использованием элементов игры, в сторону развлекательности, является характеристикой современного образования, да и общества в целом, о чем свидетельствует возникновение термина «инфотеймент», когда содержание (в данном случае информация) преподносится в игровой форме. Налицо поворот индивидуального и массового сознания в сторону театральности. Говоря о необходимости применении игровых программ в процессе обучения, специалисты подчеркивают опасность их чрезмерного использования, результатом которого становится получение фрагментированного знания, которое ведет к снижению эффективности всего образовательного процесса.

В эпоху постиндустриализма, таким образом, происходят глубокие изменения в механизме функционирования системы образования, которая все больше превращается в инструмент предоставления различных услуг, становясь коммерческим предприятием. Причина кроется во многом, в том числе и в насаждаемой культуре потребления, в силу чего образование, в котором утвердились характерные для экономического производства отношения спроса и предложения, превращается в сегмент рынка, результатом чего становится потеря сферой образования своей автономности. Становясь потребительской услугой, образование создает условия для формирования потребительски ориентированного индивида, нацеленного на успех в его широком понимании.

### **Napso M.D. Education system during an epoch post-industrialism<sup>1</sup>**

**The summary:** In article the questions connected with development of an education system in conditions post-industrialism are investigated. Influence of principles of market relations on the sphere of education is analyzed, conditions of occurrence of a phenomenon of educational service are considered, the attention to its demands by economic realities and requirements konsumerism outlooks is focused.

**Keywords:** education, post-industrialism, educational service, repressive requirements, pragmatism, infotainment.

#### **Список использованных источников и литературы**

1. Маркузе Г. Одномерный человек. Исследование идеологии развитого индустриального общества. – Доступ: <https://gtmarket.ru/laboratory/basis/5440/5441> (дата посещения: 17. 01. 2021).
2. Бауман З. Текучая современность. Санкт-Петербург: Питер. 2018. 240 с.
3. Ожерельева Т. А. Анализ образовательных услуг методами маркетинга // Управление образованием: теория и практика. 2014. №4. С. 76-86. Доступ: <https://elibrary.ru> (дата посещения: 21.01.2021).

**Напсо Марианна Давлетовна** – доктор социологических наук, профессор, профессор кафедры философии и гуманитарных дисциплин Северо-Кавказской государственной академии (СКГА). E-mail: [napso.marianna@mail.ru](mailto:napso.marianna@mail.ru)

**Бостанов Аслан Казбекович** – студент 4-го курса Института прикладной математики и информационных технологий СКГА.

---

<sup>1</sup> Текст на английском языке публикуется в авторской редакции.

**ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ**

УДК 621.182

**МОДЕЛИРОВАНИЕ СИЛОВОГО ПОЛУПРОВОДНИКОВОГО  
ТРАНСФОРМАТОРА ДЛЯ ЭНЕРГОСИСТЕМ ПОСТОЯННОГО  
ТОКА В СИСТЕМЕ MATLAB/SimPowerSystems**

ДЖЕНДУБАЕВ Э.А.-З., АСТЕЖЕВА Э.Ш.,  
ХАМШАОВА М.Р., ДЖЕНДУБАЕВ А.-З.Р.

Северо-Кавказский федеральный университет<sup>1</sup>

Северо-Кавказская государственная академия<sup>2-4</sup>

*В статье рассматривается модель силового полупроводникового трансформатора постоянного тока, который может найти применение в электроэнергетических системах постоянного тока. Модель реализована в системе MATLAB и его расширении SimPowerSystems. Представлены результаты моделирования переходных процессов, которые возникают при включении и набросе нагрузки.*

*Ключевые слова: полупроводниковый трансформатор, DC/DC, электроэнергетика, постоянный ток, MATLAB, SimPowerSystems.*

Известно, что в последние годы интенсивные работы в области электроэнергетики проводятся в направлении исследования и разработки полупроводниковых трансформаторов (solid-state transformer) [1]. Эти трансформаторы преобразуют переменный ток одного напряжения в переменный ток другого (AC/AC), как и классические силовые трансформаторы 50 Гц.

Основными элементами полупроводниковых трансформаторов являются последовательно соединенные выпрямитель с фильтром, среднечастотный инвертор (5÷150 кГц), к которому подключается первичная обмотка среднечастотного трансформатора. К вторичной обмотке этого трансформатора подключается выпрямитель с фильтром, низкочастотный инвертор (50 Гц) и нагрузка. Повышение частоты напряжения, к которой подключается среднечастотный трансформатор, позволяет в сотни и более раз уменьшить габариты и вес не только среднечастотного трансформатора, но и полупроводникового трансформатора в целом, что является одним из его основных достоинств. Наличие двух инверторов в полупроводниковых трансформаторах переменного тока позволяет регулировать потоки активной и реактивной мощности, изменять, а при необходимости стабилизировать частоту и величину напряжения, а также позволяет осуществлять защиту от перегрузок и токов короткого замыкания в сети [2].

Следует отметить, что прогнозы вплоть до 2025 г. по объему рынка полупроводниковых трансформаторов выглядят достаточно оптимистично [3].

На данный момент времени к недостаткам полупроводниковых трансформаторов переменного тока можно отнести их высокую стоимость и более низкий КПД по сравнению с классическими низкочастотными трансформаторами [4, 5].

Одним из возможных способов снижения стоимости и повышения КПД полупроводниковых трансформаторов, наряду с ростом их выпуска и улучшения качества элементной базы, является перевод электроэнергетических систем на постоянный ток. В этом случае на всех уровнях напряжений электроэнергетической системы постоянного тока можно будет использовать силовые полупроводниковые трансформаторы постоянного тока (DC/DC конвертеры), которые имеют в два раза меньше полупроводниковых элементов и фильтров, т.е. они состоят из одного среднечастотного инвертора, который подключается непосредственно к сети постоянного тока, среднечастотного трансформатора, к выходу которого подключен один выпрямитель с фильтром.

В связи с изложенным выше, моделирование и исследование такого силового полупроводникового трансформатора постоянного тока является, по мнению авторов, актуальной задачей, решению которой и посвящена данная работа.

Известно, что MATLAB фактически стал стандартом математических вычислений практически во всех областях деятельности человека, благодаря многочисленным расширениям [6]. Применительно к электроэнергетике – это расширение Simulink Power System, библиотека блоков которого огромна и постоянно пополняется с каждым новым выпуском.

Для исследования силового полупроводникового трансформатора постоянного тока (DC/DC конвертера) была разработана модель в расширении Simulink Power System на основе примера, представленного в [7].

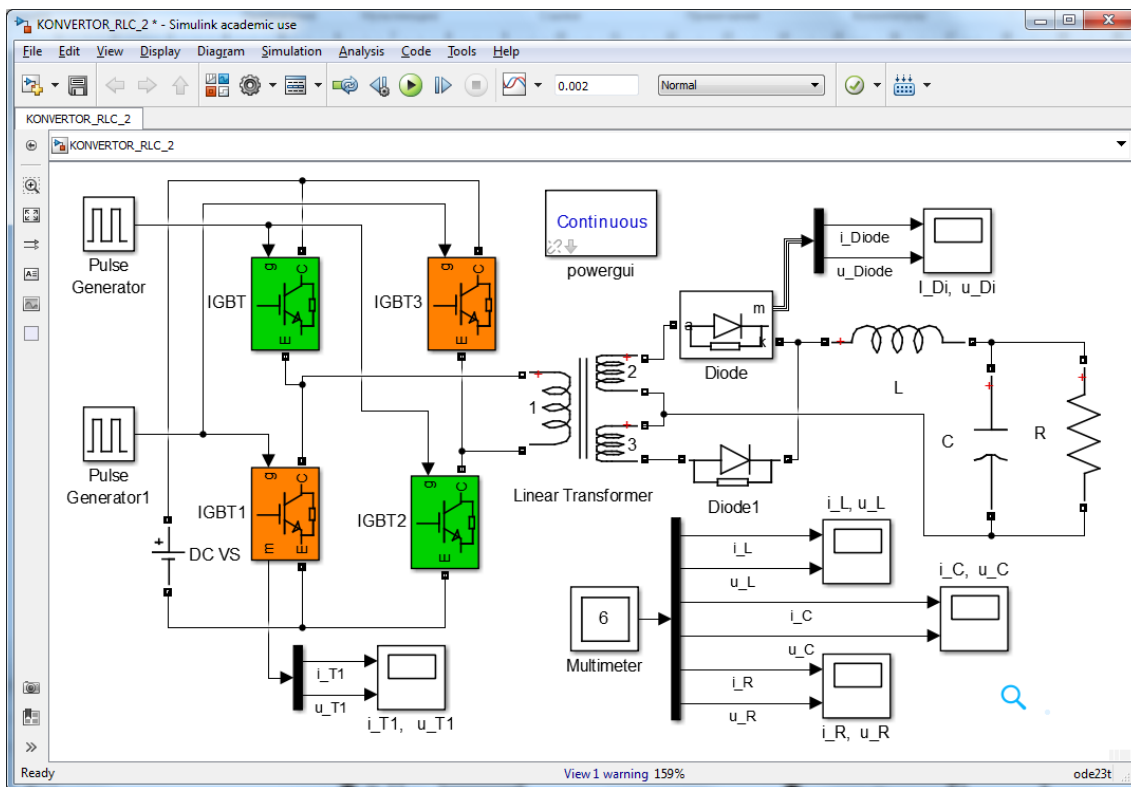


Рис. 1 Модель силового полупроводникового трансформатора постоянного тока

Модель трансформатора постоянного тока (рис. 1) состоит из двух блоков Pulse Generator, которые генерируют импульсы, подаваемые на IGBT транзисторы. Импульсы генераторов смещены на половину периода. Транзисторы подключены к блоку источника напряжения постоянного тока DC VS. Попарное включение и отключение транзисторов обеспечивает протекание переменного тока в первичной обмотке трансформатора (блок Linear Transformer), возникновение МДС, магнитного потока и ЭДС в обмотках трансформатора. Поскольку ЭДС зависит от числа витков обмоток, то в зависимости от коэффициента трансформации на вторичной обмотке возникает переменное напряжение необходимой величины. С помощью диодов (блоки Diode и Diode1) напряжение выпрямляется и через LC фильтр подается на нагрузку в виде активного сопротивления R (блоки L, C, R).

Исходные данные модели, которые занесены в соответствующие блоки, имеют следующие значения: 40 кГц – частота генераторов импульсов, а, следовательно, и частота переменного тока в первичной обмотке трансформатора; 10 кВ – напряжение энергосистемы постоянного тока (входное напряжение трансформатора постоянного тока);  $1.4 \cdot 10^{-5}$  Гн – индуктивность дросселя;  $20 \cdot 10^{-6}$  Ф – емкость конденсатора; 0.0484 Ом – сопротивление нагрузки.

Параметры однофазного среднечастотного силового трансформатора постоянного тока представлены на рис. 2.

Полная мощность трансформатора равна 1000 кВА, напряжение первичной обмотки 10 кВ, а вторичной 220 В. Остальные параметры были взяты по умолчанию путем перехода из относительных единиц в именованные единицы с помощью кнопки выбора Units в окне параметров блока (рис. 2).

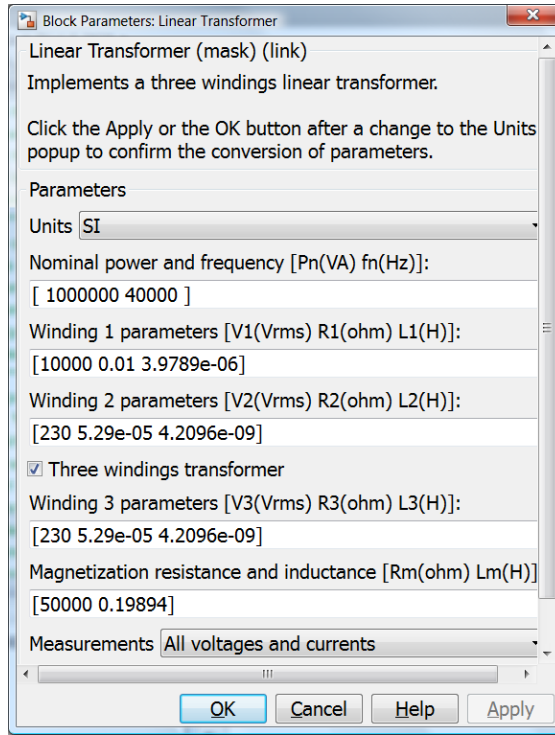


Рис. 2 Параметры силового среднечастотного трансформатора

Следует еще раз отметить, что повышение частоты напряжения переменного тока, поступающего на первичную обмотку трансформатора, приводит к существенному улучшению массогабаритных характеристик трансформатора. Последнее объясняется тем, что электромагнитная мощность трансформатора равна произведению ЭДС и тока, например, вторичной обмотки  $S_{эм} = E_2 I_2$ . В свою очередь ЭДС равна:  $E_2 = 2\pi f_1 w_2 \Phi_m$ .

Совместное использование этих формул позволяет получить следующее выражение:

$$s_{магн} s_2 = \frac{S_{эм}}{\left(\frac{2\pi}{\sqrt{2}}\right) (B_m J_2) f_1}, \quad (1)$$

здесь  $B_m = \Phi_m / s_{магн}$  – плотность магнитного потока (магнитная индукция),  $s_{магн}$  – сечение магнитопровода,  $J_2 = I_2 / q_{пров}$  – плотность тока во вторичной обмотке,  $q_{пров}$  – сечение провода вторичной обмотки;  $s_2 = q_{пров} w_2$  – общее сечение витков (проводников) вторичной обмотки,  $w_2$  – число витков вторичной обмотки.

Из уравнения (1) видно, что увеличение частоты напряжения переменного тока позволяет уменьшить сечение магнитопровода и общее сечение витков, т.е. улучшить массогабаритные показатели. При прочих равных условиях произведение сечений при частоте 40 кГц уменьшится  $40000/50 = 800$  раз.

В результате моделирования получены различные кривые переходных процессов, протекающих во всех элементах силового трансформатора постоянного тока.

Так, на рис. 3 приведены кривые переменного напряжения и тока на выходе инвертора (рис. 3) при включении трансформатора. Амплитудное значение напряжения на первичной обмотке равно  $10 \text{ кВ}$ , т.е. равно напряжению ЛЭП постоянного тока. Ток нарастает без перерегулирования.

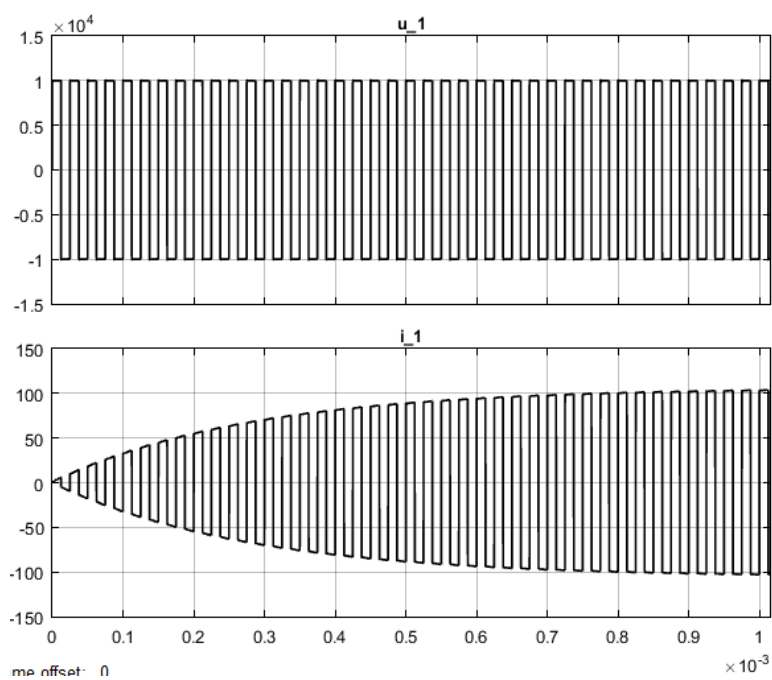


Рис. 3. Кривые напряжения и тока на выходе инвертора (40 кГц)

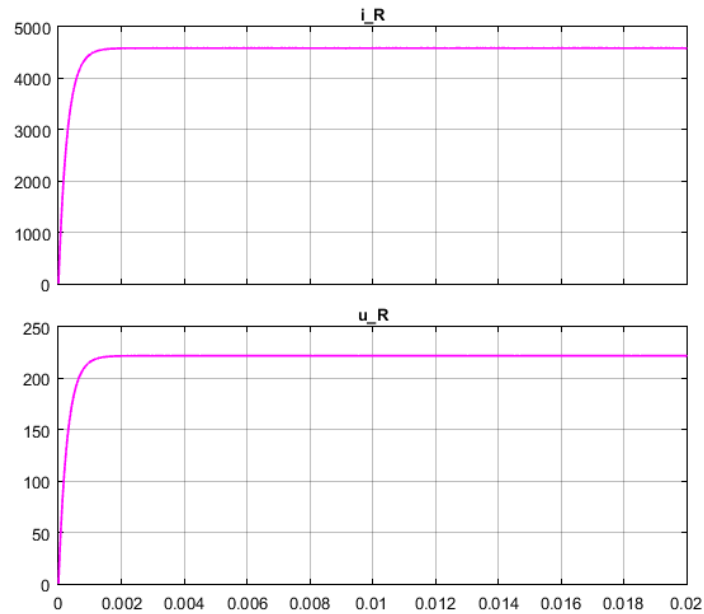


Рис. 4 Ток и напряжение на нагрузке

Определенный интерес представляют кривые тока и напряжения на нагрузке, т.е. на сопротивлении  $R$ . Соответствующие кривые представлены на рис. 4. Ток и напряжение в нагрузке нарастают плавно и в установившемся режиме достигают соответственно следующих значений:  $I_R = 4586 \text{ A}$ ;  $U_R = 221,5 \text{ B}$ . При этом мощность равна  $P_R = U_R I_R = 1015,8 \approx 1000 \text{ кВт}$ , т.е. равна номинальной мощности. Следует отметить, что кривые тока и напряжения не содержат пульсаций, что свидетельствует о хорошей работе LC фильтра.

Следует также отметить, что модель позволяет исследовать переходные процессы не только при включении трансформатора, но и при набросе номинальной нагрузки (рис. 5). Кривые напряжения и тока на выходе инвертора при набросе номинальной нагрузки не отличаются от переходных процессов при включении трансформатора с нагрузкой. Естественно, что до момента наброса нагрузки ток инвертора, а, следовательно, и ток в первичной обмотке силового трансформатора близок к нулю.

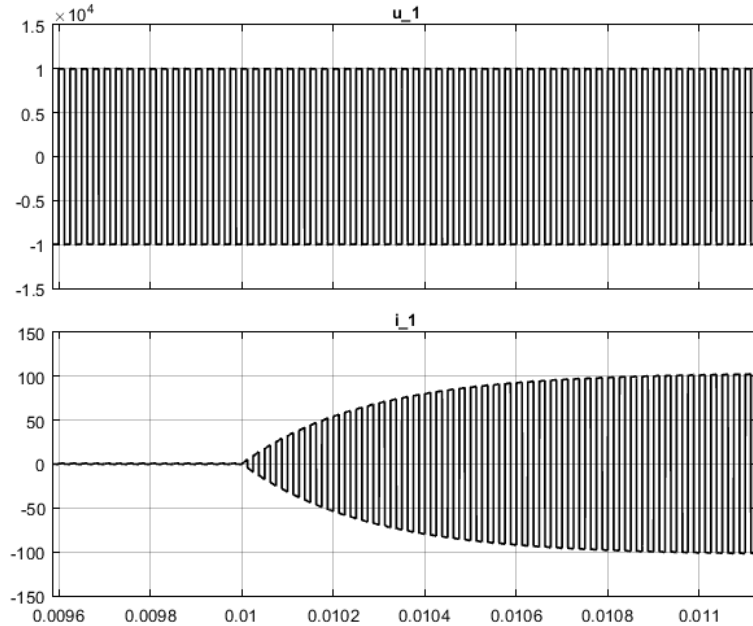


Рис. 5. Напряжение и ток инвертора при набросе номинальной нагрузки

Увеличение масштаба показывает, что этот ток до наброса нагрузки не равен нулю и имеет определенное значение (рис. 6). Так, на начальном этапе наблюдается скачок тока, который вызван наличием конденсатора в цепи, к которой подключается нагрузка постоянного тока. В дальнейшем величина тока уменьшается и достигает некоторого установившегося и очень маленького значения. Этот ток является током холостого хода силового трансформатора.

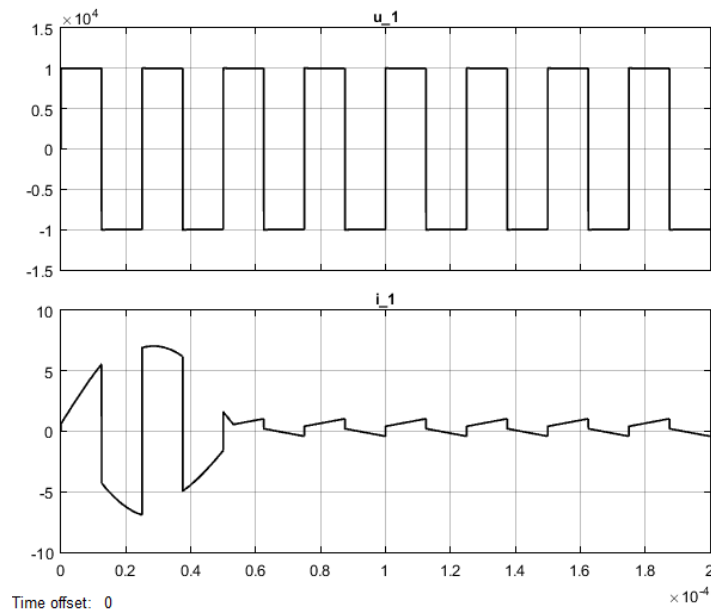


Рис. 6 Кривые напряжения и тока на начальном этапе при включении трансформатора на холостом ходу

Следует отметить, что переходные процессы на конденсаторе при включении трансформатора постоянного тока без нагрузки носят более сложный характер (Рис. 7). Так, в момент включения наблюдаются броски тока и напряжения. При этом бросок тока не превышает номинальных значений и достигает  $247 \text{ A}$ . Бросок же напряжения превышает номинальное значение  $220 \text{ B}$ , более чем в два раза ( $459 \text{ B}$ ), и может представлять опасность для изоляции. После достижения пикового тока напряжение на конденсаторе снижается, и в установившемся режиме наблюдаются незначительные затухающие синусоидальные колебания тока и напряжения.

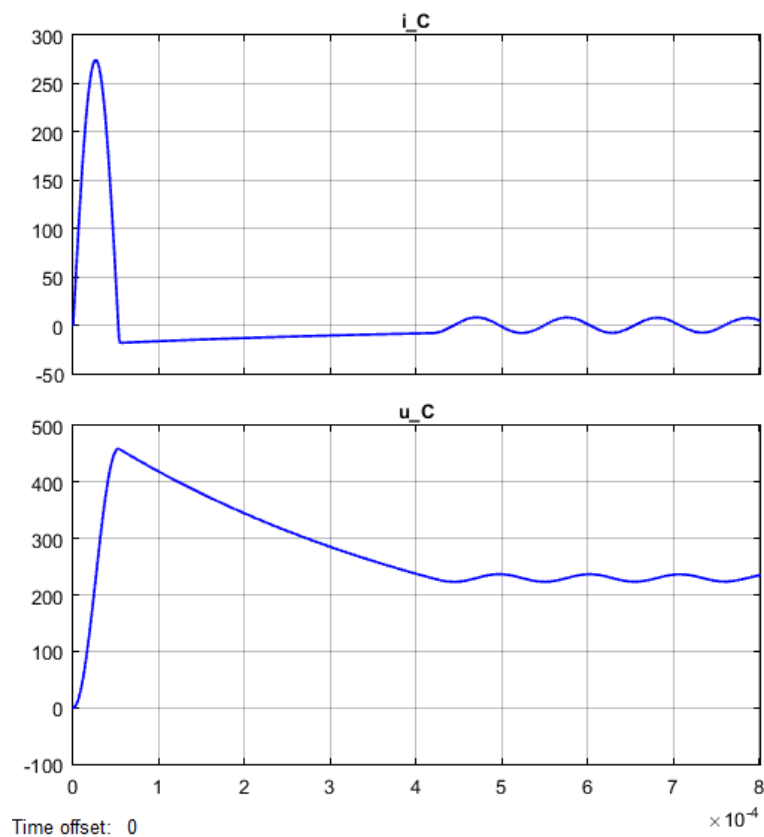


Рис. 7 Ток и напряжение на конденсаторе при включении полупроводникового трансформатора постоянного тока без нагрузки

Наброс номинальной нагрузки вызывает соответствующие переходные процессы в цепи этой нагрузки (Рис. 8). Поскольку к заряженному конденсатору, который входит в состав LC-фильтра, подключается нагрузка в виде небольшого сопротивления  $R = 0,0484 \text{ Ом}$ , то возникает короткий импульс тока, связанный с разрядом этого конденсатора и соответствующим провалом напряжения.

Следует отметить, что напряжение постоянного тока до наброса номинальной нагрузки составляло 230 В, после – 221 В. Такое снижение напряжения находится в допустимых пределах.

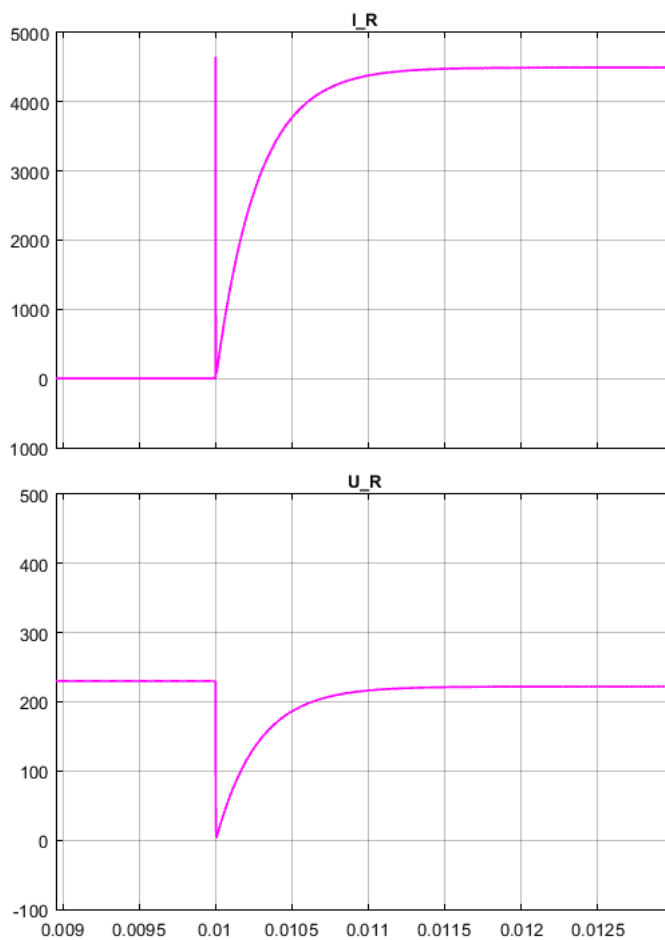


Рис. 8 Ток и напряжение на сопротивлении нагрузки

### Выводы

1. Разработанная модель может быть использована для исследования установившихся и переходных режимов работы силового полупроводникового трансформатора постоянного тока.

2. При набросе нагрузки наблюдаются броски тока и напряжения в нагрузке, причем бросок напряжения более чем в два раза превышает номинальное напряжение нагрузки.

**Dzhendubaev E.A.-Z., Astezheva E.SH., Khamshaova M.R., Dzhendubaev A.-Z.R.  
Modeling a solid-state transformer for DC power systems in  
MATLAB/SimPowerSystems<sup>2</sup>**

**Summary:** The article discusses a model of a power semiconductor DC transformer, which can be used in DC power systems. The model is implemented in MATLAB and its SimPowerSystems extension. The results of the simulation of transient processes that occur during switching on and load surge are presented.

**Keywords:** Key words: semiconductor transformer, DC / DC, power industry, direct current, MATLAB, SimPowerSystems.

**Список использованных источников и литературы**

1. Johann W. Kolar Solid State Transformer (SST) Applications – A Glimpse Into the Future. Nov. 19, 2019. Режим доступа: [www.pes.ee.ethz.ch](http://www.pes.ee.ethz.ch)
2. Dragan Jovcic, Boon Teck Ooi Developing DC Transmission Networks Using DC Transformers. IEEE TRANSACTIONS ON POWER DELIVERY, VOL. 25, NO. 4, OCTOBER, 2010.
3. Home (/) » Next Generation Technologies» Solid State Transformer Market Size, Industry Report 2018 – 2025. Режим доступа: <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/solid-state-smart-transformer-market#>
4. Dr. Wensong (Wilson) Yu, Solid State Transformer For Power Distribution Applications. Email: [wyu2@ncsu.edu](mailto:wyu2@ncsu.edu), North Carolina State University. Режим доступа: <https://www.energy.gov/sites/prod/files/2017/09/f36/%5B5%5D%20NCSU%20-%20Wensong%20Yu.pdf>
5. Huber J. E., Kolar J. W. Applicability of Solid-State Transformers in Today's and Future Distribution Grids // IEEE Transactions on Smart Grid. 2019 Jan. Vol. 10. I. 1.
6. MATLAB. Режим доступа: <http://https://www.mathworks.com/products/matlab.html>.
7. Худяков В.Ф. Моделирование источников вторичного электропитания в среде MATLAB 7.X / В.Ф.Худяков, В.А.Хабузов. – СПб.: ГУАП, 2008. – 332 с.

**Джендубаев Эдуард Абрек-Заурович** – аспирант Инженерного института СКФУ. E-mail: [ygeege@mail.ru](mailto:ygeege@mail.ru).

**Астежева Элина Шамильевна** – сотрудник инженерного института Северо-Кавказской государственной академии (СКГА). E-mail: [elincho.0916@mail.ru](mailto:elincho.0916@mail.ru).

**Хамшаова Маргарита Рамазановна** – обучающаяся инженерного института СКГА. E-mail: [rita.kh0205@mail.ru](mailto:rita.kh0205@mail.ru).

**Джендубаев Абрек-Заур Рауфович** – д-р техн. наук, доцент, зав. кафедрой электроснабжения СКГА. Тел. 8(8782)-293560. E-mail: [izvest\\_akad@mail.ru](mailto:izvest_akad@mail.ru).

---

<sup>2</sup> Текст на английском языке публикуется в авторской редакции.

УДК 624.131

## **ИЗМЕРЕНИЕ НАПРЯЖЕНИЙ В ГРУНТАХ ОСНОВАНИЙ ФУНДАМЕНТОВ ЕСТЕСТВЕННОГО СЛОЖЕНИЯ**

КЯТОВ Н.Х.

Северо-Кавказская государственная академия

*В работе рассмотрена технология установки датчиков (месдоз) путем вдавливания в грунт основания естественного сложения, возможные погрешности и достоверность измерений напряжений. Теоретически установлено, что в центре рабочей поверхности измерительного элемента действует минимальное давление, с удалением от него напряжение возрастает и у края датчика достигает наибольших значений, следовательно, измерительный элемент фиксирует измененное напряженное состояние грунта вокруг датчика. Получена зависимость геометрических размеров датчика, деформационных свойств грунта и характера распределения напряжений на контакте датчик-грунт.*

*Ключевые слова: датчик, давление, грунт естественного сложения, измерение напряжений, распределение напряжений на контакте датчик-грунт.*

Определение напряжений в массиве грунтов представляет собой не простую задачу. Под действием собственного веса в грунтах основания формируется начальное напряженное состояние, на которое накладываются напряжения, возникающие от действия внешней нагрузки, что приводит к формированию сложного поля напряжений в грунтовой толще. В практике исследования напряженного состояния основания фундаментов естественного сложения широкое применение получил способ установки измерительного элемента в изучаемые зоны грунта основания вдавливанием плоских жестких дилатометров [1-7], датчиков (месдоз) [8-10] и т.п.

Напряжение по своей сути не является физической величиной. Количественной мерой интенсивности распределения внутренних сил по элементарной площадке является напряжение, определяющее взаимодействие компонентов грунта с внешним воздействием. Напряжение – это математическая величина, которую нельзя непосредственно измерить. Напряжение можно определить по результатам измерения деформаций или других параметров, коррелирующих с напряжениями. Распределение напряжений в грунте основания зависит от ряда факторов: от состава и свойств грунта, от характера нагружения грунтового основания, от геологических особенностей площадки строительства. Знание напряжений в грунтах основания необходимо для расчетов деформаций, обуславливающих осадки и перемещения сооружений, для оценки прочности, устойчивости грунтов и давления на ограждающие конструкции. Прогнозирование поведения оснований по деформациям и несущей способности под влиянием внешних и внутренних воздействий возможно лишь в том случае, если оно базируется на надежных результатах экспериментального изучения напряженного состояния. Поэтому главной задачей при создании новых и усовершенствовании

существующих методов расчета является определение напряжений, развивающихся под нагрузкой от сооружения в массиве грунта и на контакте с фундаментами. Надежность и достоверность получаемых опытным путем экспериментальных данных существенным образом зависят от конструкций и точности измерительных приборов, применяемых для замера напряжений [9, 10, 12]. Немаловажным является также и контактное взаимодействие между измерительным элементом и грунтом. Характер распределения напряжений между ними заранее неизвестен и может быть определен в результате решения конкретных контактных задач [11-13]. Знание закона распределения давления на контакте месдоза-грунт позволит более обосновано судить о напряженно-деформируемом состоянии оснований фундаментов.

Пусть требуется определить нормальные напряжения, действующие по элементарной площадке  $mn$  в основании жесткого штампа 1 на глубине  $h$  (рис. 1). Положим, что в области  $mn$  грунт однородный, так как она, по сравнению с основанием, весьма мала, и что в этой области нормальные напряжения  $\sigma_z$  распределены равномерно. Для установки месдозы 2 в область  $mn$ , вначале на расчетную глубину проходят горизонтальный шпур 3 большего диаметра чем месдоза. Затем в шпур устанавливают приспособление, при помощи которого, начиная от забоя шпура до места установки месдозы, продавливают лидерную полосу 4 [14] высотой и шириной равной толщине и диаметру месдозы. После извлечения приспособления, в силу упругих свойств грунта, размеры лидерной полосы немного сужаются. Для обеспечения полного контакта между рабочей поверхностью и грунтом в образовавшуюся лидирующую полосу плотно вдавливают месдозу. Затем горизонтальную плоскую лидерную полосу и шпур тщательно тампонируют грунтом местного минерального и физического состава до достижения плотности грунта основания естественного сложения. Аналогичным образом устанавливают необходимое для исследований число месдоз.

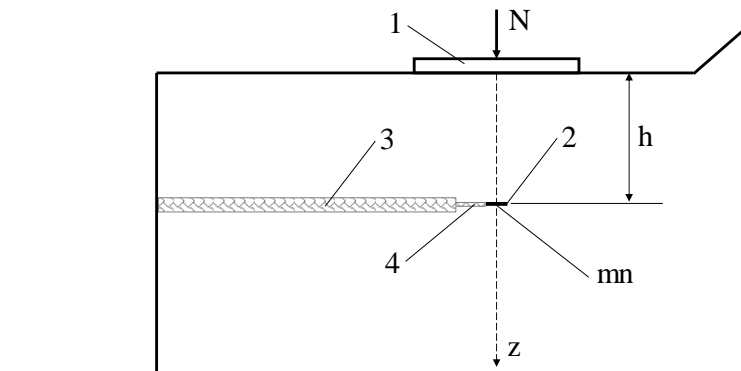


Рис. 1. Схема устройства месдоз: 1 – жесткий штамп, 2 – месдоза, 3 – шпур, 4 – плоская горизонтальная лидерная полоса

При приложении внешней нагрузки на обрез штампа месдоза фиксирует передаваемое на нее давление. Напряжение в грунте вокруг датчика искажается из-за его формы и различия жесткости месдозы и жесткости (податливости) грунта, следовательно, месдоза фиксирует измененное напряжение отличное от истинного. Если положить, что месдоза имеет форму сплюснутого эллипсоида, то согласно [15] давление на рабочую поверхность будет равномерным и равным

$$\sigma_o = \frac{h}{4(1 - \mu^2)R}, \quad (1)$$

где  $E$ ,  $\mu$  – модуль деформации и коэффициент Пуассона грунта;  $h$  и  $R$  – половина толщины и радиуса месдозы.

Так как датчик в поперечном сечении имеет прямоугольную форму, то распределение контактных давлений по ширине рабочей зоны месдозы не равномерно, так как известно [15, 16], что при расширении круговой трещины в виде близкой к прямоугольной приложенная внутренняя сила действует на трещину сжимающим образом, но вблизи края круговой трещины она действует разрывающим образом, причем у самого края трещины она обращается в бесконечность. Поэтому вблизи края месдозы из-за избыточных напряжений развиваются зоны предельного равновесия, что оказывают влияние на величину измеряемых напряжений.

Рассмотрим задачу о распределении нормального давления на контакте месдоза-грунт в упругой постановке так, как это принято в механике грунтов для решения задач, связанных с определением деформаций уплотнения от внешней нагрузки [17]. Так как задача является симметричной относительно плоскости  $z = 0$ , можно ограничиться рассмотрением упругого полупространства (рис. 2), в котором должны выполняться граничные условия

$$\left. \begin{array}{l} \text{при } z = 0 \text{ и } |x, y| \leq R \quad u_z = h; \\ \text{при } |x, y| > R \quad u_z = 0; \\ \text{при } |x, y, z| \rightarrow \infty \quad \sigma_i = 0, \tau_{ij} = 0, \end{array} \right\} \quad (2)$$

где  $R$  – радиус пластинки с измерительным элементом;  $h$  – половина толщины пластинки;  $i, j = x, y, z$ .

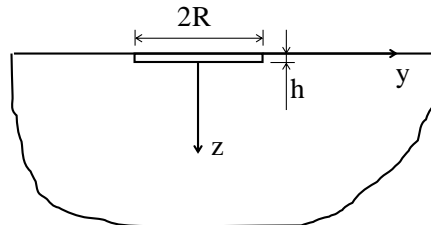


Рис. 2. Расчетная схема

Если к системе уравнений в перемещениях

$$\nabla^2 u_i + k e_i = 0, \quad k = 1/(1 - 2\mu) \quad (3)$$

применить интегральное преобразование Фурье по двум переменным [15, 16]

$$\left. \begin{array}{l} u(x, y, z) = \frac{1}{2\pi} \iint_{-\infty}^{\infty} \tilde{u}(\alpha, \beta, z) e^{-i(\alpha x + \beta y)} d\alpha d\beta; \\ \tilde{u}(\alpha, \beta, z) = \frac{1}{2\pi} \iint_{-\infty}^{\infty} u(x, y, z) e^{-i(\alpha x + \beta y)} dx dz, \end{array} \right\} \quad (4)$$

то получим систему уравнений с независимой переменной  $z$ , решением которой, например, для  $u_z$ , при  $z = 0$  является функция

$$u_z(x, y, 0) = \frac{1 - \mu^2}{2\pi} \iint_{-\infty}^{\infty} \frac{\tilde{\sigma}_o(\alpha, \beta)}{\eta} e^{-i(\alpha x + \beta y)} d\alpha d\beta, \quad (5)$$

где  $\eta = \sqrt{\alpha^2 + \beta^2}$ .

Соответственно, для  $\sigma_z(x, y, 0)$  получим

$$\sigma_z(x, y, 0) = \frac{1}{2\pi} \iint_{-\infty}^{\infty} \tilde{\sigma}_o(\alpha, \beta) e^{-i(\alpha x + \beta y)} d\alpha d\beta. \quad (6)$$

Используя граничные условия (2) из уравнения (5) получим систему двух интегральных уравнений с одним неизвестным  $\tilde{\sigma}_o(\alpha, \beta)$

$$\left. \begin{aligned} \frac{1 - \mu^2}{\pi E} \iint_{-\infty}^{\infty} \frac{\tilde{\sigma}_o(\alpha, \beta)}{\eta} e^{-i(\alpha x + \beta y)} d\alpha d\beta &= h, & \text{при } |x, y| \leq R; \\ \iint_{-\infty}^{\infty} \frac{\tilde{\sigma}_o(\alpha, \beta)}{\eta} e^{-i(\alpha x + \beta y)} d\alpha d\beta &= 0, & \text{при } |x, y| > R. \end{aligned} \right\} \quad (7)$$

Решением системы уравнений (7) в полярных координатах является функция

$$\tilde{\sigma}_o(\rho, \theta) = \frac{hE \cos(r\rho)}{2i\rho(1 - \mu^2)\sqrt{1 - (r/R)^2}} e^{i\rho(r+R)\cos(\theta-\varphi) + i(\theta-\varphi)} \quad (8)$$

Распределение нормального давления на контакте месдозы и грунта определяется из уравнения (6) с учетом зависимости (8)

$$\sigma_o(r) = \frac{hE}{2(1 - \mu^2)R\sqrt{1 - (r/R)^2}}, \quad \text{при } r \leq R. \quad (9)$$

За пределами месдозы (при  $r > R$  и  $z = 0$ ) распределение нормального давления

$$\sigma_o(r) = \frac{hE}{2(1 - \mu^2)R \left(1 + \sqrt{(r/R)^2 - 1}\right) [(r/R)^2 - 1]}. \quad (10)$$

выражается зависимостью

Из формулы (9) следует, что в середине датчика при  $r = 0$  напряжение определяется зависимостью

$$\sigma_o(r = 0) = \frac{hE}{2(1 - \mu^2)R}, \quad (11)$$

а с приближением к краю датчика  $r \rightarrow R$  напряжение стремится к бесконечности  $\sigma_o(r \rightarrow R) \rightarrow \infty$ .

Таким образом, теоретически установлено, что в центре рабочей поверхности измерительного элемента действует минимальное давление, с удалением от него напряжение возрастает и у края месдозы вследствие возможного образования пластических деформаций достигает наибольших значений, следовательно, измерительный элемент фиксирует измененное напряженное состояние грунта вокруг датчика. Получена зависимость характера развития напряжений на контакте измерительного элемента и грунта от геометрических размеров месдозы и деформационных свойств грунта. Более точное и достоверное определение распределения напряжений в грунтах основания позволит более обоснованно создавать новые или совершенствовать существующие методы расчета, может дать сведения о состоянии конструкций и грунтов оснований фундаментов зданий, что позволит следить за состоянием и длительностью службы строящегося или эксплуатируемого здания, или сооружения.

### **Kyatov N.H. The dimension of stress in the soil of foundation natural addition<sup>3</sup>**

***Summary:** In this paper, the technology of installing sensors (mesdoz) by pressing a base of natural composition into the soil, possible errors and the reliability of stress measurements are considered. It is theoretically established that in the center of the working surface of the measuring element, the minimum pressure acts, with distance from it, the voltage increases and at the edge of the sensor reaches the highest values, therefore, the measuring element records the changed stress state of the ground around the sensor. The dependence of the geometric dimensions of the sensor, the deformation properties of the soil and the nature of the stress distribution at the sensor- soil contact is obtained.*

***Key words:** sensor, pressure, soil of natural composition, measurement of stresses, stress distribution at the sensor- soil contact*

### **Список использованных источников и литературы**

1. Баранов Д.С. "Устройство для зондирования грунта". Авторское свидетельство СССР №400837, М. Кл. G 01n 3/42 от 1966 г., бюллетень №40, 1973.
2. The Flat Dilatometer Test (DMT) in soil investigations. A Report by the ISSMGE Committee TC16. // Marchetti S. & other. Режим доступа: [https://yandex.ru/search/?lr=36&clid=2270456&win=447&text=The%20Flat%20Dilatometer%20Test%20\(DMT\)%20in%20soil%20investigations](https://yandex.ru/search/?lr=36&clid=2270456&win=447&text=The%20Flat%20Dilatometer%20Test%20(DMT)%20in%20soil%20investigations)
3. ГОСТ Р 58270-2018 Грунты. Метод испытаний расклинивающим дилатометром. – М.: Стандартинформ, 2018. – 14 с.
4. СТП МИСИ 9201294-90 (стандарт предприятия МИСИ им. В.В. Куйбышева). Методика выполнения измерений давления в природном грунтовом массиве. – М.: Изд-во МИСИ, 1990. – 28 с.

---

<sup>3</sup> Текст на английском языке публикуется в авторской редакции.

5. Оборудование для полевых испытаний грунтов. ООО «НПП «Геотек». // Г.Г. Болдырев, А.В. Мельников, Д.Г. Скопинцев. Режим доступа: <http://npp-geotek.ru/upload/iblock/75f/75fb61c967ef4163e2832042123c848b.pdf>
6. СТП 000000-2014 Грунты. Методы измерения горизонтального давления в грунтовом массиве. – М.: 2015, – 29 с. Режим доступа: [http://npp-geotek.com/d/942856/d/stp\\_dilatometr\\_0.pdf](http://npp-geotek.com/d/942856/d/stp_dilatometr_0.pdf)
7. Кятов Н.Х. Патент на изобретение №2726092, заявка №2020106564, от 11.02.2020, дата публикации 09.07.2020, бюллетень №19. МПК E02D 1/02 (2006.01). Устройство для статического зондирования грунта.
8. Баранов Д.С. Руководство по применению прямого метода измерений давлений в сыпучих средах и грунтах. – М.: ЦНИИСК им. Кучеренко, 1965.
9. Голли А.В. Методика измерения напряжений и деформаций в грунтах: учебное пособие. – Л.: ЛИСИ, 1984. 53 с.
10. Куликов А.В. Измерение напряжений в грунтах модернизированными датчиками // Интернет-журнал «Транспортные сооружения», 2019 №1, <https://t-s.today/PDF/10SATS119.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ. DOI: 10.15862/10SATS119.
11. Александров В.М., Чебаков М.И. Введение в механику контактного взаимодействия. – Ростов-на-Дону. Изд-во ООО «ЦВВР», 2007. – 114 с.
12. Кятов Н.Х. Разработка методики измерения напряжений в глинистых основаниях природного сложения. Канд. диссертация, – М.: МИСИ, 1983. – 177 с.
13. Тер-Мартirosян З.Г., Кятов Н.Х., Сидорчук В.Ф. Экспериментальные и теоретические основы определения напряженного состояния грунтов естественного сложения. Журнал: Инженерная геология, №4, 1984, с. 13-25.
14. Способы установки месдоз <http://stroyfirm.ru/articles/grunt69.html>
15. Снеддон И. Преобразования Фурье. – М.: Изд. Иностранной литературы, 1955. – 670 с.
16. Новацкий В. Теория упругости. – М.: Мир, 1975. – 872 с.
17. Тер-Мартirosян З.Г. Механика грунтов // Монография. – М.: Изд. АСВ, 2009. – 552 с.

**Кятов Нурби Хусинович** – канд. технич. наук, доцент кафедры строительства и управления недвижимостью Северо-Кавказской государственной академии.  
E-mail: [kyatov@mail.ru](mailto:kyatov@mail.ru).

**C O N T E N T S**

***HUMANITIES AND ENVIRONMENTAL SCIENCES***

**Napso M.D.** Education system during an epoch post-industrialism..... 3

***TECHNICS***

**Dzhendubaev E.A.-Z., Astezheva E.SH., Khamshaova M.R., Dzhendubaev A.-Z.R.** Modeling a solid-state transformer for DC power systems in MATLAB/SimPowerSystems..... 8

**Kyatov N.H.** The dimension of stress in the soil of foundation natural addition..... 18

---

Правила оформления статей в журнал «Известия СКГА» и соответствующие шаблоны размещены на сайте академии по адресу:  
<http://ncsa.ru/page/content/nauchno-prakticheskii-i-uchebno-metodicheskii-zhurnal-izvestija-sevkavgta.html>

---

ОСНОВНЫЕ РУБРИКИ ЖУРНАЛА

ГУМАНИТАРНЫЕ И ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

ИСКУССТВО

МАТЕМАТИКА, ФИЗИКА И  
ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

МЕДИЦИНА

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

ЭКОНОМИКА

ЮРИСПРУДЕНЦИЯ

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

СПРАВОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

ЮБИЛЕИ