

«НПК «Энергосервис-Резерв» выпускает, взамен устаревшего вибродиагностического оборудования, стенды вибродиагностики «Эксперт-Д», в которых реализованы последние достижения в профильной области.

В рамках комплексного подхода к решению проблемы наше предприятие проводит подготовку и повышение квалификации специалистов по вибродиагностике для специалистов железнодорожного транспорта.

УДК 004.896

В. Н. Костюков (ОмГУПС), А. В. Костюков,  
С. Н. Бойченко, Д. В. Павленков (НПЦ «Динамика»)

## АВТОМАТИЧЕСКАЯ НАСТРОЙКА КАНАЛОВ СИСТЕМ ВИБРОДИАГНОСТИКИ ПО ПАРАМЕТРАМ ВИБРАЦИИ

Одним из важных видов сопровождения готовых автоматизированных систем диагностики является метрологическое сопровождение. Точность показаний измерительных систем и, соответственно, их достоверность диагностирования зависят от эталонного оборудования, с помощью которого они настроены, а также от квалификации оператора средств измерений, поэтому автоматизация процесса настройки систем и исключение человеческого фактора позволяют сократить временные и трудовые затраты, исключить субъективную погрешность, повысить точность настройки.

ООО «НПЦ Динамика» выпускает системы вибродиагностики и мониторинга для предупреждения аварий и контроля состояния КОМПАКС®, которые применяются в нефтеперерабатывающей, нефтегазодобывающей, энергетической промышленности и различных отраслях машиностроения.

Системы предназначены для измерения параметров вибрации, частоты вращения, постоянного и переменного тока, температуры, уровня, давления, но главной из всех величин является вибрация.

Принцип действия систем основан на преобразовании физических параметров контролируемого оборудования в электрический сигнал с помощью первичных преобразователей (датчиков).

Сигналы от первичных преобразователей поступают в измерительные модули, где производится их аналоговая обработка и преобразование в цифро-

вой вид, в котором информация обрабатывается процессором модуля и передается через кабельные линии связи в контроллер системы.

Вся информация о техническом состоянии оборудования отображается на экране монитора в виде специального табло, где представлены количественные и качественные характеристики признаков.

Одним из принципов систем КОМПАКС® является принцип коррекции неидеальности измерительных трактов вычислительными методами на ЭВМ (коррекция нелинейности датчиков, амплитудно-фазовых характеристик согласующе-преобразовательных звеньев и т.д.), который позволяет обеспечить высокие метрологические свойства систем диагностики и мониторинга при небольших аппаратных затратах [1].

Системы собираются на участке метрологии и испытаний ООО «НПЦ Динамика» на технологических линиях, где выполняется настройка каналов, проводится первичная поверка с участием сотрудников ОЦСМ, проходят испытания систем.

При настройке каналов вибрации стоит задача определения коэффициентов в диапазоне частот и амплитуд. Это можно выполнять вручную путем подключения на канал датчика, установленного на поверочную виброустановку, и расчета коэффициентов отдельно для каждого канала.

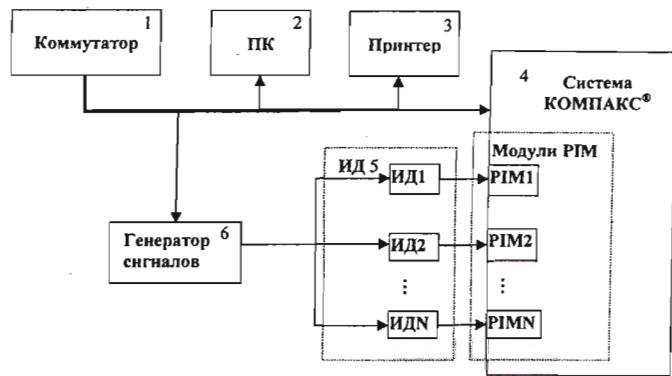
Главной идеей автоматизации процесса является замена поверочной виброустановки в ходе настройки на управляемый генератор сигналов, выход которого подключается к измерительным каналам вместо датчика вибрации.

Генератор сигналов входит в состав стенда испытаний, который представляет собой многофункциональный программно-аппаратный комплекс, принцип действия которого основан на воспроизведении различных тестовых сигналов и регистрации показаний систем. Структура стенда показана на рис. 1. В составе стенда используются генераторы Agilent 33210A, АКИП-3402.

Стенд подает на измерительные каналы системы сигналы, соответствующие эталонному уровню вибрации и рассчитывает коэффициенты калибровки, которые должны быть прописаны в самой системе.

Стенд хранит параметры калибровки: амплитуду генератора, соответствующую уровню  $10 \text{ м/c}^2$  на базовой частоте, и коэффициенты коррекции в диапазоне частот. Реализована возможность сохранять коэффициенты отдельно для разных датчиков вибраций, отличающихся по типу и номеру.

Калибровка стенда с помощью поверочной виброустановки выполняется на одном из каналов системы КОМПАКС®, используя метод замещения. Достоинством метода замещения является исключение погрешности измерительного прибора из результата измерений.



1 – коммутатор Ethernet; 2 – персональный компьютер на базе Windows XP/Vista/7; 3 – принтер; 4 – система КОМПАКС®; 5 – имитаторы датчиков вибрации – ИД1, ИД2,..., ИДN; 6– генератор сигналов.

Рис. 1. Структура стенда

**Метод замещения** – метод сравнения с мерой, в котором измеряемую величину замещают известной величиной, воспроизводимой мерой. В нем используется измерительный прибор непосредственной оценки. Метод замещения является самым точным из всех известных методов и обычно используется для проведения наиболее точных (прецизионных) измерений [2].

Техника измерения состоит в следующем: сначала на вход одного из измерительных каналов подается эталонный уровень вибрации, регистрируются показания. Далее на тот же канал подается сигнал с генератора, автоматически рассчитывается его уровень, и выполняется равенство показаний.

На рисунке 2 показано сравнение сигналов на базовой частоте 159.2 Гц, записанных при подключении поверочной виброустановки с датчиком вибрации (слева) и генератора (справа). СКЗ параметров вибрации для генератора и поверочной установки практически совпадают: оба значения Ae равны, а по Ve

и Se разность показаний не превышает 0.1%, чего более чем достаточно для настройки каналов. По графикам спектров видно, что у сигнала, полученного с выхода датчика, уровень гармоник, выше, чем при подключении генератора, но его значения не превышают -60 дБ относительно основной частоты 159,2 Гц.

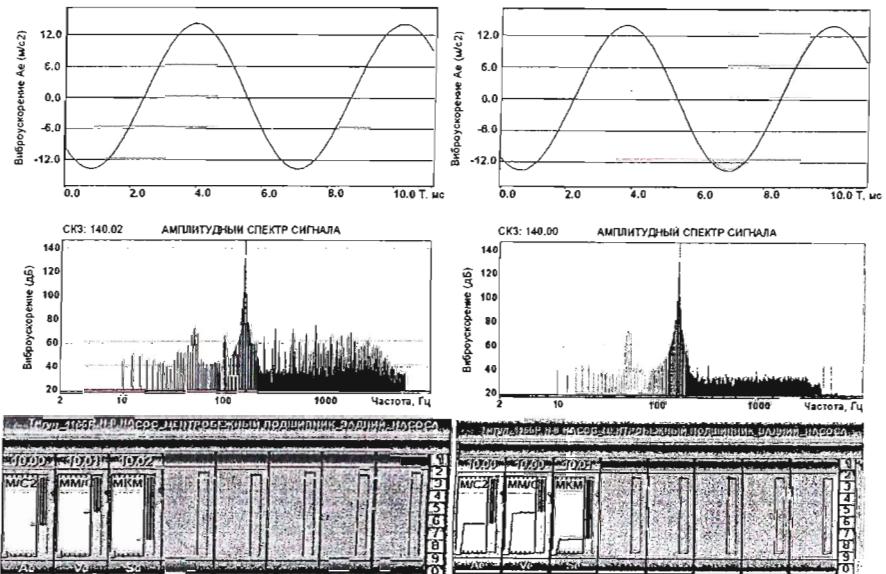


Рис. 2. Сравнение сигналов, записанных системой КОМПАКС, при подключении поверочной виброустановки с датчиком вибрации (слева) и генератора (справа)

Таким образом, использование поверочной виброустановки необходимо только, чтобы откалибровать стенд, а сам процесс настройки систем происходит автоматически, без участия эталона.

Время, необходимое для настройки системы из 50 каналов составляет 2 часа, а в случае систем из нескольких сотен каналов достаточно 12 часов. Если учитывать, что процесс полностью автономный, то достаточно запустить его в конце рабочего дня, оставить на ночь, а к утру система уже будет настроена, можно сказать, без временных затрат.

## Библиографический список

1. Костюков В. Н. Мониторинг безопасности производства. М.: Машиностроение. 2002. 224 с.

2. Бирюков С. В., Чередов А. И. Метрология: Тексты лекций, 2010. – 190с.

УДК 621.336: 512.46

Б. В. Мусаткина (ОмГУПС)

### СПЕЦИФИКА ИНСТРУМЕНТАЛЬНОГО КОНТРОЛЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ МОБИЛЬНЫХ ТЕЛЕФОНОВ

Оценка вклада электромагнитных излучений устройств сотовой связи в общую техногенную электромагнитную нагрузку на персонал является актуальной экологической и методологической проблемой. Для работников промышленных предприятий и железнодорожного транспорта, находящихся в зоне влияния электромагнитного поля (ЭМП) энергетических установок постоянного и переменного тока, контактной сети, электроподвижного состава, пользующихся компьютерной техникой и технологической служебной радиосвязью, электромагнитная нагрузка на организм (энергетическая экспозиция) является вредным производственным фактором, подлежащим контролю и оценке в рамках текущего производственного санитарного контроля и при аттестации рабочих мест по условиям труда.

#### Материалы исследований.

По существующему в РФ порядку аттестации рабочих мест по условиям труда при оценке уровня электромагнитного изучения (ЭМИ) радиотелефонов служебной связи допускается заносить в карту аттестации рабочего места свидетельства из сертификата соответствия на партию приобретенных изделий. Подавляющее большинство представленных на рынке абонентских аппаратов (сотовых телефонов) – иностранного производства. Различие принципов гигиенического нормирования и методов измерений ЭМИ в России и за рубежом приводит к тому, что наличие официального сертификата на партию сотовых телефонов не является гарантией их безопасности.

Зарубежные производители сотовых телефонов следуют европейским или американским стандартам, устанавливающим допустимый уровень воздействия ЭМИ на организм по показателю SAR (Specific Adsorption Rate) – удельной поглощенной мощности, выраженной на единицу массы тела или ткани. Для определения SAR принята так называемая «тепловая методика». В единицах СИ SAR определяется в ваттах на 1 кг (Вт/кг); при этом оценивается тепловой эффект в биологической ткани (по аналогии с СВЧ-печами, работающими в близком частотном диапазоне). Именно значение SAR как параметр безопасности обязаны приводить фирмы-производители в техническом паспорте на изделие (сотовый телефон). В Европе SAR равна 2 Вт/кг (поглощенная мощность излучения приводится к 10 г ткани органов человека), в Америке – 1,6 Вт/кг (при этом поглощенная мощность излучения приводится к 1 г ткани органов человека). Параметр SAR зависит от частоты (имеется в виду возможность излучения радиосигнала сотовым телефоном на частоте 900 или 1800 МГц); значение SAR на частоте 1800 МГц может быть в 2 - 3 раза меньше значения, определенного на частоте 900 МГц. Таким образом, в зависимости от того, по какому стандарту и на какой частоте проводилось определение SAR (американскому или европейскому), полученные значения SAR для одного и того же телефона будут различаться в 1,5 - 4,5 раза. Строго говоря, процедуры «измерения SAR» как прямого отсчета показаний датчиков (приборов) контроля не существует, это расчетный показатель, моделируемый для человека и лабораторных животных (ввиду ограниченности применения инвазивных методов измерений). Следует также учесть, что нормы SAR установлены по уровню нагрева тканей облучаемого организма на основании так называемых «острых» опытов с выраженными поражениями биологических объектов.

В России на частоте выше 300 МГц до 300 ГГц (СВЧ-диапазон, включая диапазон частот сотовой связи) измеряется плотность потока электромагнитной энергии (ППЭ), Вт/м<sup>2</sup>, или вектор Пойнтинга. ППЭ характеризует количество энергии, переносимой электромагнитной волной в единицу времени через единицу поверхности, перпендикулярной направлению распространения волны. Допустимым считается уровень ЭМИ, не вызывающий статистически достоверного нарушения гомеостаза организма абонента (так называемый «дотепловой», или информационный уровень воздействия). Предельно допустимый уровень (ПДУ) ППЭ сотового телефона составляет 100 мВт/см<sup>2</sup> (при условии



Министерство транспорта Российской Федерации  
Федеральное агентство железнодорожного транспорта  
ОАО «Российские железные дороги»  
Омский государственный университет  
путей сообщения

## Приборы и методы измерений, контроля качества и диагностики в промышленности и на транспорте



Омск 2013



Министерство транспорта Российской Федерации  
Федеральное агентство железнодорожного транспорта  
ОАО «Российские железные дороги»  
Омский государственный университет путей сообщения

**ПРИБОРЫ И МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЙ,  
КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА И ДИАГНОСТИКИ В  
ПРОМЫШЛЕННОСТИ И НА ТРАНСПОРТЕ**

Материалы всероссийской  
научно-технической конференции  
с международным участием  
(21, 22 ноября 2013 г.)

Омск 2013

УДК 620.179; 621.311; 681.2

ББК 39.2

**Приборы и методы измерений, контроля качества и диагностики в промышленности и на транспорте: Материалы Всероссийской научно-технической конференции с международным участием / Омский гос. ун-т путей сообщения. Омск, 2013. 425 с.**

В сборник вошли статьи с результатами исследований, выполненных по ряду научных направлений, посвященных современному состоянию и перспективам развития приборов и методов контроля на транспорте, в различных отраслях промышленности и энергетики. Представлен широкий спектр приборов неразрушающего и аналитического контроля, обеспечивающих высокую надежность при эксплуатации, обслуживании и ремонте подвижного состава.

Большое внимание уделено современным системам учета и контроля в энергетике и электротехнических комплексах, включая методики повышения эффективности использования различных видов топливно-энергетических ресурсов.

Рассмотрены вопросы приборного и методического обеспечения контроля окружающей среды, а также вопросы метрологии, стандартизации и сертификации.

Сборник может быть полезен для научных сотрудников и специалистов, работающих в области железнодорожного подвижного состава.

Библиогр. 275 назв. Табл. 24. Рис. 181.

Редакционная коллегия:

доктор техн. наук, доцент С. М. Овчаренко (отв. редактор);

доктор техн. наук, профессор В. Т. Черемисин;

доктор техн. наук, доцент С. Г. Шантаренко (зам. отв. редактора);

доктор техн. наук, доцент А. А. Кузнецов

Рецензенты: доктор техн. наук, профессор Ю. М. Вешкурцев;

доктор техн. наук, профессор В. И. Глухов.

© Омский гос. университет  
путей сообщения, 2013

## СОДЕРЖАНИЕ

Сидоров Е. Н. (ООО «НПК «Энергосервис-Резерв», г. Омск). Новое поколение вибродиагностического оборудования для подвижного состава...	9
Кузнецов А. А. (ОмГУПС). Применение спектральных методов анализа на транспорте и в промышленности .....	13
Ахмеджанов Р. А., Бельский А. О., Нармухан И. М., Шабалин В. С. (ОмГУПС), Соловьев Н. А. (ООО «НПК «Энергосервис-Резерв», г. Омск) К вопросу автоматизации дефектоскопирования объектов железнодорожного транспорта.....	19
Костюков А. В., Зайцев А. В., Мельк В. В. (НПЦ «Динамика», г. Омск), Щелканов А. В., Цурпаль А. Е. (ОмГУПС). Система измерения широкополосных вибраакустических процессов .....	26
Тэтэр В. Ю. (ОмГУПС). Практика подготовки специалистов по вибродиагностике для локомотивного и вагонного хозяйства .....	30
Харламов В. В., Шкодун П. К., Долгова А. В. (ОмГУПС). Применение теории информации для определения величины пробега тяговых электродвигателей подвижного состава .....	36
Джаманбалин К. К. (Костанайский социально-техн. ун-т, Республика Казахстан). Фильтры очистки жидкостных и газовых сред на основе углеродных нанотрубок – «хризотил-асбест» .....	43
Черемисин В. Т., Ушаков С. Ю., Кастанов А. Л., Паиков Д. В. (ОмГУПС). Обоснование необходимости создания единой автоматизированной системы учета электрической энергии на тягу поездов (ЕАСУЭ Т) .....	49
Незевак В. Л. (ОмГУПС). К вопросу об управлении режимом работы накопителя электрической энергии в системе тягового электроснабжения .....	55
Павлов В. М., Смердин А. Н., Томилов В. В., Голубков А. С., Емельянов М. В. (ОмГУПС). Экспериментальные исследования нагрузочной способности токоприемника магистрального электроподвижного состава .....	62
Салита Е. Ю., Ковалева Т. В., Редчиц Н. В., Косенко Е. С. (ОмГУПС), Кващук В. А., Лапенко Н. М. (Зап.-Сиб. ж. д. – филиал ОАО «РЖД»). Прибор для диагностирования силовых вентиляй преобразователей тяговых подстанций .....	69

<i>Елизаров А. А., Ходкевич А. Г. (ОмГУПС)</i> Прибор измерения скорости подвижного состава для ликвидации неоправданного простоя автотранспорта на железнодорожном переезде .....	235	
<i>Долганев Ю. Г. (ОмГТУ)</i> . Перспективы разработки информационной системы железнодорожного вагона .....	239	
<i>Чернорай В. А. (Зап.-Сиб. ж. д. – филиал ОАО «РЖД»)</i> . Анализ недостатков применяемого алгоритма работы автоматики включения-отключения резервных преобразовательных агрегатов тяговых подстанций постоянного тока .....	246	
<i>Горькин А. В. (Зап.-Сиб. ж. д. – филиал ОАО «РЖД»)</i> . Анализ работы коммутационных аппаратов тяговой подстанции постоянного тока в условиях прохождения электроподвижным составом изолирующих соединений под током .....	251	
<i>Эрбес В. В., Комяков А. А., Каиштанов А. Л. (ОмГУПС), Сунгквон Чой (Республика Корея)</i> . Подход к оценке эффективности работы энергосберегающих устройств в сетях электроснабжения железнодорожных узлов с учетом производственных и климатических факторов .....	257	
<i>Пашкова Н. В. (ОмГУПС), Щелканов А. И. (ОмГТУ)</i> . Структурные методы синтеза измерительных схем портативных цифровых микроомметров....	264	
<i>Притыко И. С., Щелканов А. И. (ОмГТУ)</i> . Портативный многофункциональный цифровой измеритель параметров нагрузки в однофазных и трехфазных сетях переменного тока промышленной частоты ....	270	
<i>Черемисин В. Т. (ОмГУПС), Кващук В. А., Тарута П. В. (Зап.-Сиб. ж. д. – филиал ОАО «РЖД»)</i> . Экспериментальное определение потерь электрической энергии в обратной тяговой сети на электрифицированном участке постоянного тока .....	272	
<i>Моденов С. В., Пашков Д. В. (ОмГУПС)</i> . Некоторые особенности реализации систем повышения качества электрической энергии в сетях электроснабжения.....	283	
<i>Гутников В. И., Никифоров М. М. (ОмГУПС)</i> . Совершенствование системы контроля расхода электроэнергии на тягу поездов .....	291	
<i>Чижсма С. Н., Александров А. В., Онуфриев А. С. (ОмГУПС)</i> . Принципы построения системы учета электроэнергии на фидерах контактной сети .....	296	
<i>Чижсма С. Н., Лаврухин А. А., Окишев А. С., Плотников Ю. В. (ОмГУПС)</i> . Алгоритмы и технические решения системы учета электроэнергии на фидерах контактной сети.....	300	
<i>Бакланов А. А. (ОмГУПС), Алтангэрэл Э.-А. (Улан-Баторская железная дорога, Монголия)</i> . Энергетическая эффективность применения электрической тяги на Улан-Баторской железной дороге .....	306	
<i>Альтман Е. А., Елизаров Д. А. (ОмГУПС)</i> . Повышение достоверности оценки показателей несинусоидальности напряжения в электроэнергетических системах .....	312	
<i>Добрынин Е. В., Гаранин М. А., Блинкова С. А., Семушкина Е. А. (СамГУПС)</i> . Система оперативной диагностики и контроля ресурса трансформаторов тяговых подстанций .....	318	
<i>Кандаев В. А., Авдеева К. В., Медведева А. А. (ОмГУПС)</i> . Совершенствование средств диагностирования заземляющих устройств.....	324	
<i>Крайцер И. И., Никитин К. И., Ермоленко А. В. (ОмГТУ)</i> . Компьютерное моделирование органа направления мощности с одним входным сигналом .....	329	
<i>Никонова Г. В. (ОмГТУ)</i> . Оценочная модель системы регулирования скорости двигателя .....	333	
<i>Орлов А. А., Москалюк Б. М., Лиханова Е. А. (ОмГУПС)</i> . Исследование жесткости алюминиевого каркаса полоза токоприемника магистральных железных дорог .....	341	
<i>Буяльский К. Л., (ООО «НПК «Энергосервис-Резерв», г. Омск), Тэттэр В. Ю. (ОмГУПС)</i> . Опыт работы по метрологической аттестации и техническому обслуживанию вибродиагностического оборудования в вагонном хозяйстве .....	347	
<i>Костюков В. Н. (ОмГУПС), Костюков А. В., Бойченко С. Н., Павленков Д. В. (НПЦ «Динамика», г. Омск)</i> . Автоматическая настройка каналов систем вибродиагностики по параметрам вибрации .....	352	
<i>Мусаткина Б. В. (ОмГУПС)</i> Специфика инструментального контроля электромагнитного излучения мобильных телефонов .....	356	
<i>Мусаткина Б. В., Маркелова К. С. (ОмГУПС)</i> . Методы оценки и контроля экологических рисков монорельсового транспорта .....	361	

дифференциального (ПИД) контроллера существуют как функция активации нейронов в нейронной структуре. Такой ПИД-контроллер включает в себя преимущества искусственных нейронных сетей и классического контроллера. Его функционирование основано на обновлении параметров контроллера в соответствии со значением, полученным на выходе системы согласно правилам алгоритма обратного распространения, используемого в искусственных нейронных сетях. Предполагается, что параметры, полученные при применении ПИД-нейросетевого алгоритма обучения в работе асинхронного двигателя, могут быть использованы в управлении скоростью двигателя в реальном масштабе времени, что позволит успешно поддерживать расчетную скорость в различных режимах нагрузки.

*Научное издание*

ПРИБОРЫ И МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЙ, КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА И  
ДИАГНОСТИКИ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ И НА ТРАНСПОРТЕ

Библиографический список

1. Плакс А. В. Системы управления электрическим подвижным составом. М.: Транспорт, 2005. 400 с.
2. Курбасов А. С., Седов В. Н., Сорин Л. Н. Проектирование тяговых электродвигателей: Учебное пособие для вузов железнодорожного транспорта / Под редакцией А. С. Курбасова. М.: Транспорт, 1987. 536 с.
3. Рудаков В. В., Столяров И. М., Дартау В. А. Асинхронные электроприводы с векторным управлением // Л.: Энергоатомиздат, 1987. 136 с.
4. Перельмутер В. М. Прямое управление моментом и током двигателей переменного тока // Харьков: Основа, 2004. 210 с.
5. Усков А. А., Кузьмин А. В. Интеллектуальные технологии управления. Искусственные нейронные сети и нечеткая логика // М.: Горячая линия – Телеком, 2004. 143 с.
6. Сигеру Омату, Марзуки Халид, Рубия Юсоф. Нейроуправление и его приложения. Кн. 2. Пер. с англ. М.: Издательство ИПРЖР, 2000, 272 с.
7. Клепиков В. Б., Сергеев С. А., Махотило К. В., Обруч И. В. Применение методов нейронных сетей и генетических алгоритмов в решении задач управления электроприводами // Электротехника, № 5, 1999. С. 2-6.

Материалы Всероссийской научно-технической конференции  
с международным участием

Ответственный за выпуск А. А. Кузнецов

\* \* \*

Печатается в авторской редакции

Подписано в печать 15.11.2013. Формат 60 × 84  $\frac{1}{16}$ .  
Плоская печать. Бумага офсетная. Усл. печ. л. 26,4. Уч.-изд. л. 29,2.  
Тираж 300 экз. Заказ 674.

\* \*

Типография ОмГУПСа

\*

644046, г. Омск, пр. Маркса, 35