

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Ю.К. Атрошенко, Е.В. Кравченко

МЕТРОЛОГИЯ, СТАНДАРТИЗАЦИЯ И СЕРТИФИКАЦИЯ
Сборник практических работ

Издательство
Томского политехнического университета
2014

УДК 006 (076.5)
ББК 30.10я.73
А 927

Атрошенко Ю.К.

Метрология, стандартизация и сертификация. Методические указания к выполнению практических работ / Ю.К. Атрошенко, Е.В. Кравченко; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. – 12 с.

Методические указания предназначены для студентов, обучающихся по направлениям 140400 (13.03.02) «Электроэнергетика и электротехника».

УДК 006 (076.5)
ББК 30.10я.73

Рецензенты

Доктор технических наук, профессор ТГАСУ

Мамонтов Г.Я.

Доцент ФГОУ ДПО «Академия стандартизации, метрологии и сертификации (учебная)»

Волошенко А.В.

© ФГБОУ ВПО НИ ТПУ, 2014

© Атрошенко Ю.К., Кравченко Е.В.

© Обложка. Издательство Томского политехнического университета, 2014

1. Практическая работа № 1

Определение метрологических характеристик средств измерений

Цель работы: развитие способности владеть основными приемами получения, обработки и представления данных измерений, испытаний и контроля; организовывать метрологическое обеспечение производства.

Теоретические сведения об основных метрологических характеристиках средств измерений

Погрешность является главным показателем точности измерения. В зависимости от формы представления погрешности разделяют на абсолютные, относительные и приведенные.

Абсолютной погрешностью называют разность между показанием прибора $X_{И}$ и действительным значением измеряемой величины $X_{Д}$:

$$\pm \Delta = X_{И} - X_{Д}. \quad (1)$$

Относительная погрешность представляет собой отношение абсолютной погрешности $\pm \Delta$ к действительному (показанию прибора $X_{И}$) значению измеряемой величины $X_{Д}$ и выражается в процентах:

$$\delta = \frac{\pm \Delta}{X_{Д}} \cdot 100 \%. \quad (2)$$

Приведенная погрешность – отношение абсолютной погрешности $\pm \Delta$ к диапазону измерения прибора, выражается в процентах:

$$\gamma = \frac{\pm \Delta}{X_{N}} \cdot 100 \%. \quad (3)$$

По характеру возникновения погрешности средств измерения подразделяются на основные и дополнительные.

Основная погрешность – погрешность, которая наблюдается при нормальных условиях эксплуатации средства измерения.

Дополнительная погрешность – изменение погрешности средства измерения, вызванное отклонением одной из влияющих физических величин от нормального значения или выходом ее за пределы области нормальных значений.

Чувствительностью средства измерения определяется отношением изменения выходного сигнала средства измерений ΔY к вызывающему его изменению измеряемой физической величины ΔX :

$$S = \frac{\Delta Y}{\Delta X} \quad (4)$$

Чувствительность средства измерения может быть определена также как величина, обратная цене деления шкалы СИ.

Под ценой деления шкалы средства измерения понимают разность между значениями, соответствующих двум соседним отметкам шкалы. Цену деления шкалы ΔN средства измерения определяют по формуле:

$$\Delta N = \frac{X_K - X_H}{N}, \quad (5)$$

где N – число делений шкалы.

Класс точности – обобщенная характеристика средства измерения, определяемая пределами допускаемой основной погрешности, отражающая уровень их точности при нормальных условиях эксплуатации. Уровень точности средства измерения может характеризоваться набором других нормируемых метрологических характеристик, связанных определенными соотношениями с классом точности, таких, как допускаемые дополнительные погрешности, допускаемые вариация и размах.

Для технических средств измерений класс точности чаще всего принимают равным пределу допускаемой основной приведенной погрешности $\gamma_{\text{доп}}$ выраженной в процентах:

$$K = \gamma_{\text{доп}} = \frac{\pm \Delta_{\text{доп}}}{X_N} \cdot 100 \%, \quad (6)$$

где $\Delta_{\text{доп}}$ – предел допускаемой основной абсолютной погрешности.

Предел допускаемой основной абсолютной погрешности выражается в единицах измеряемой величины и определяется по формуле:

$$\pm \Delta_{\text{доп}} = \frac{\pm \gamma_{\text{доп}} \cdot (X_K - X_H)}{100} \quad (7)$$

Вариация – полученная экспериментально разность между показаниями измерительного прибора, соответствующими одному и тому же действительному значению измеряемой физической величины при двустороннем подходе к этому значению, т.е. при прямом и обратном ходе стрелки-указателя средства измерения в одинаковых условиях измерения.

Предел допускаемой вариации $V_{\text{доп}}$ нормируется следующим образом:

$$V_{\text{доп}} = (0,5 \div 1) \cdot |\Delta_{\text{доп}}|. \quad (8)$$

Поверка средств измерений – совокупность операций, выполняемых органами государственной метрологической службы с целью определения и подтверждения соответствия метрологических характеристик средств измерений установленным техническим требованиям.

Средство измерения считается годным к эксплуатации, если максимальные значения погрешности и вариации поверяемого средства измерений не превышают допускаемых значений:

$$\begin{aligned} |\Delta_{\max}| &\leq |\Delta_{\text{доп}}|; \\ |V_{\max}| &\leq |V_{\text{доп}}|. \end{aligned} \quad (9)$$

Если хотя бы одно из условий (9) не выполняется, то измерительный прибор не годен для дальнейшей эксплуатации и передается в ремонт.

Индивидуальное задание

Проведена поверка прибора, предназначенного для измерения напряжения. Известно, что нижний предел шкалы прибор X_H , верхний предел шкалы прибора X_K , класс точности прибора K , число интервалов равномерной шкалы N , отметка шкалы, на которой стоит указатель (стрелка) X_X , в которой определена максимальная абсолютная погрешность Δ_{MAX} максимальная вариация V_{MAX} .

Определить: пределы допускаемой абсолютной погрешности показаний ($\pm \Delta_{\text{доп}}$); максимальную относительную погрешность измерения ($\pm \delta_{\text{доп}}$), цену деления шкалы (ΔN), чувствительность прибора (S), приведенную максимальную погрешность измерения ($\pm \gamma_{MAX}$) и метрологическую годность прибора. Варианты заданий приведены в таблице 1.

Таблица 1

Варианты индивидуальных заданий

№ вар.	X_H	X_K	Ед. изм.	K	N	X_X	$\pm \Delta_{MAX}$	V_{MAX}
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	0	10	мВ	0,5	100	5	0,05	0,03
2	0	20	мВ	0,5	100	10	0,1	0,07
3	0	50	мВ	0,5	100	30	0,25	0,30
4	0	100	мВ	0,5	100	75	0,5	0,40
5	0	200	мВ	0,5	100	150	1,0	0,90
6	0	500	мВ	0,5	100	400	2,5	3,00
7	-10	10	мВ	1,5	100	-5	0,3	0,60
8	-20	20	мВ	1,5	80	-5	0,6	0,50
9	-50	50	мВ	1,5	50	40	1,5	0,80
10	-100	100	мВ	1,5	100	75	3,0	2,40
11	-200	200	мВ	1,5	80	-150	6,0	6,00

№ вар.	X _Н	X _К	Ед. изм.	К	N	X _X	±Δ _{МАХ}	V _{МАХ}
12	-500	500	мВ	1,5	100	250	15,0	10,00
13	0	75	мВ	1,5	75	5	1,125	1,00
14	-75	75	мВ	1,5	75	50	2,25	2,0
15	0	1	В	0,5	50	0,5	0,4	0,003
16	0	1,5	В	0,5	75	0,5	0,02	0,007
17	0	3	В	0,5	150	2/8	0,01	0,005
18	0	7,5	В	0,5	75	7	0,1	0,11
19	-1	1	В	0,5	100	0,8	0,008	0,01
20	1,5	1,5	В	0,5	150	0,8	0,016	0,01

2. Практическая работа № 2

Обработка результатов многократных измерений

Цель работы: получение навыков выполнения статистического анализа данных, полученных экспериментальным путем, изучение методов поиска и исключения грубых ошибок измерения из совокупности результатов измерений.

Сведения о критериях поиска грубых ошибок измерения

Исключение грубых систематических погрешностей – одна из главных задач при планировании, подготовке, проведении и обработке результатов эксперимента.

Известно несколько методов, позволяющих определять грубые ошибки статистического ряда результатов измерений. Наиболее простым способом исключения грубых ошибок из статистического ряда результатов измерений является правило трех сигм: разброс случайных величин от среднего значения не должен превышать 3σ :

$$a_m = \bar{a} \pm 3\sigma, \quad (10)$$

где a_m – максимальное или минимальное значение статистического ряда; \bar{a} – среднее арифметическое статистического ряда (математическое ожидание); σ – среднеквадратичное отклонение.

Предпочтительными с точки зрения достоверности являются методы, основанные на использовании доверительных интервалов.

Пусть имеется статистический ряд результатов измерений небольшой выборки (количество результатов измерений в которой не превышает 20), который описывается законом нормального распределения, то при наличии грубых ошибок критерии их появления β_1, β_2 определяются выражениями:

$$\beta_1 = \frac{a_{\max} - M_a}{\sigma \sqrt{(n-1)/n}}; \quad (11)$$
$$\beta_2 = \frac{M_a - a_{\min}}{\sigma \sqrt{(n-1)/n}}.$$

где a_{\max}, a_{\min} – наибольшее и наименьшее значения из n измерений.

В таблице 2 приведены максимальные значения критериев появления грубых ошибок β_{\max} в зависимости от доверительной вероятности, возникающие вследствие статистического разброса результатов измерений.

Если $\beta_1 > \beta_{\max}$, то значение a_{\max} следует исключить из статистического ряда результатов измерений как грубую ошибку.

Если $\beta_2 > \beta_{\max}$, то значение a_{\min} следует исключить из статистического ряда результатов измерений как грубую ошибку. После исключения вновь определяют величины M_a , σ , β_1 , β_2 для $(n-1)$ измерений.

Таблица 2

Максимальные значения критерия β_{\max}

n	β_{\max} при P_d			n	β_{\max} при P_d		
	0,90	0,95	0,99		0,90	0,95	0,99
3	1,41	1,41	1,41	15	2,33	2,49	2,80
4	1,64	1,69	1,72	16	2,35	2,52	2,84
5	1,79	1,87	1,96	17	2,38	2,55	2,87
6	1,89	2,00	2,13	18	2,40	2,58	2,90
7	1,97	2,09	2,26	19	2,43	2,60	2,93
8	2,04	2,17	2,37	20	2,45	2,62	2,96
9	2,10	2,24	2,46	25	2,54	2,72	3,07
10	2,15	2,29	2,54	30	2,61	2,79	3,16
11	2,19	2,34	2,61	35	2,67	2,85	3,22
12	2,23	2,39	2,66	40	2,72	2,90	3,28
13	2,26	2,43	2,71	45	2,76	2,95	3,33
14	2,30	2,46	2,76	50	2,80	2,99	3,37

Вторым из наиболее часто используемых методов определения наличия грубых ошибок является метод, основанный на применении критерия Романовского. Этот метод также применяется для малой выборки результатов измерений. Критерием выявления грубой ошибки служит предельно допустимая абсолютная ошибка ε_{np} результата отдельного измерения

$$\varepsilon_{np} = \sigma \cdot q, \quad (12)$$

где σ – среднеквадратичное отклонение; q – величина, определяемая в зависимости от числа измерений n и значения доверительной вероятности P_d (табл. 3).

Оценкой действительного значения случайной физической величины A является значение \bar{a} – величина математического ожидания. Если $a_{\max} - \bar{a} > \varepsilon_{np}$, то результат измерения a_{\max} исключают из ряда как грубую ошибку. Если $\bar{a} - a_{\min} > \varepsilon_{np}$, то результат измерения a_{\min} исключают

ют из ряда как грубую ошибку. После исключения одной или двух грубых ошибок вновь находят величину q .

Таблица 3

Критерий наличия грубых ошибок q в малой выборке

n	q при P_d		
	0,90	0,95	0,99
2	15,56	38,97	77,96
3	4,97	8,04	11,46
4	3,56	5,08	6,53
5	3,04	4,10	5,04
6	2,78	3,64	4,36
7	2,62	3,36	3,96
8	2,51	3,18	3,71
9	2,43	3,05	3,54
10	2,37	2,96	3,41
12	2,29	2,83	3,23
14	2,24	2,74	3,15
16	2,20	2,68	3,04
18	2,17	2,64	3,00
20	2,15	2,60	2,93
∞	1,96	2,33	2,58

После исключения вычисляется предельно допустимая абсолютная ошибка результата отдельного измерения $\varepsilon_{np} = \sigma \cdot q$ для нового числа членов статистического ряда n и максимальные абсолютные погрешности $\Delta_{\max} = a_{\max} - \bar{a}$ и $\Delta_{\min} = \bar{a} - a_{\min}$ сравниваются с величиной предельно допустимой абсолютной ошибки результата отдельного измерения ε_{np} . Исключение грубых ошибок продолжают до тех пор, пока абсолютные погрешности Δ_{\min} и Δ_{\max} не станут меньше предельно допустимой абсолютной ошибки результата отдельного измерения ε_{np} .

Индивидуальное задание

Произвести проверку и исключение грубых ошибок из результатов измерения с помощью двух критериев – критерия трех сигм и заданного в соответствии с индивидуальным вариантом. В отчете представить задание на практическую работу, порядок выполнения работы с указанием промежуточных результатов, отчет оформляется в соответствии с СТО ТПУ 2.5.01-2011.

Таблица 4

Варианты индивидуальных заданий

№ вар.	n_1	n_2	n_3	n_4	n_5	n_6	n_7	n_8	n_9	n_{10}	P_D
1	1,45	1,46	1,43	1,25	1,28	1,29	1,38	1,39	1,42	1,48	0,95
2	1,09	1,08	1,12	1,13	1,15	1,16	1,18	1,19	1,19	1,20	0,90
3	1,98	1,92	1,93	1,94	1,95	1,96	1,98	1,97	1,94	1,96	0,99
4	2,48	2,49	2,35	2,36	2,02	2,49	2,48	2,47	2,46	2,45	0,95
5	2,35	2,28	2,29	2,29	2,30	2,31	2,32	2,34	2,38	2,45	0,90
6	2,04	2,05	2,03	2,04	2,05	2,06	2,07	2,02	2,06	2,06	0,99
7	1,38	1,39	1,48	1,40	1,45	1,46	1,48	1,49	1,52	1,53	0,90
8	2,56	2,57	2,55	2,42	2,59	2,43	2,24	2,42	2,59	2,58	0,99
9	2,58	2,59	2,48	2,49	2,53	2,54	2,55	2,56	2,48	2,78	0,95
10	3,78	3,81	3,82	2,5	3,87	3,84	3,85	3,85	3,92	3,94	0,90
11	3,25	3,26	3,28	3,29	3,40	3,42	3,45	3,30	3,31	3,32	0,99
12	3,45	3,46	3,48	3,49	3,52	3,51	3,48	3,02	3,48	3,58	0,90
13	0,48	0,49	0,48	0,47	0,45	0,46	0,47	0,48	0,49	0,50	0,99
14	0,12	0,08	0,01	0,02	0,13	0,12	0,14	0,11	0,10	0,09	0,95
15	0,38	0,39	0,31	0,32	0,33	0,34	0,35	0,31	0,32	0,34	0,90
16	0,42	0,43	0,38	0,48	0,78	0,73	0,42	0,35	0,36	0,35	0,99
17	0,78	0,79	0,78	0,77	0,78	0,43	0,81	0,80	0,79	0,76	0,95
18	0,95	0,94	0,93	0,92	0,91	0,92	0,93	1,24	1,01	1,05	0,90
19	4,58	4,59	4,61	4,64	4,61	4,63	4,65	4,66	4,96	5,98	0,95
20	10,48	10,48	10,58	10,59	10,58	10,59	10,57	11,2	11,3	8,5	0,90
21	14,3	14,4	14,5	14,6	16,2	16,4	15,2	16,3	15,1	14,2	0,99
22	5,89	5,89	5,13	5,54	5,68	6,21	6,32	5,48	5,85	6,13	0,95
23	6,13	6,58	6,12	6,85	6,45	6,95	9,23	7,45	8,12	8,16	0,90
24	7,12	7,15	7,16	7,85	7,52	7,32	7,45	7,46	8,15	9,12	0,99

Критерии проверки:

- для вариантов, имеющих четные номера, – критерий Романовско-го;
- для вариантов, имеющих нечетные номера, – критерии β .

3 Практическая работа № 3

Поиск и анализ нормативно-технических документов по стандартизации с помощью автоматизированной информационно-поисковой базы нормативной документации «КОДЕКС»

Цель работы: развитие способности выполнять работы по стандартизации и разрабатывать проектную документацию в соответствии с имеющимися регламентами, стандартами и техническими условиями

Сведения об информационно-поисковой системе «Кодекс»

Информационно-поисковая система «КОДЕКС» применяется специализированная информационно-поисковая система «КОДЕКС».

Для доступа к базе данных необходимо выполнить следующие действия.

1. Зайти на сайт научно-технической библиотеки ТПУ по адресу <http://www.lib.tpu.ru/>.
2. Выбрать пункт «Базы данных».
3. В открывшемся окне выбрать вкладку «Поиск БД».
4. Осуществить поиск базы данных «Кодекс».
5. Открыть главную страницу информационно-поисковой системы «КОДЕКС».
6. Для рассмотрения работы системы «Кодекс» в поле для ввода исходных данных для поиска ввести ГОСТ 54149-2010 Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения (рис. 1).
7. Структура большинства нормативных документов состоит из нескольких вкладок, представленных следующими полями: «Текст»; «Сканер-копия»; «Оперативная информация»; «Примечания»; «Ссылается на»; «На него ссылаются»; «Оглавление».

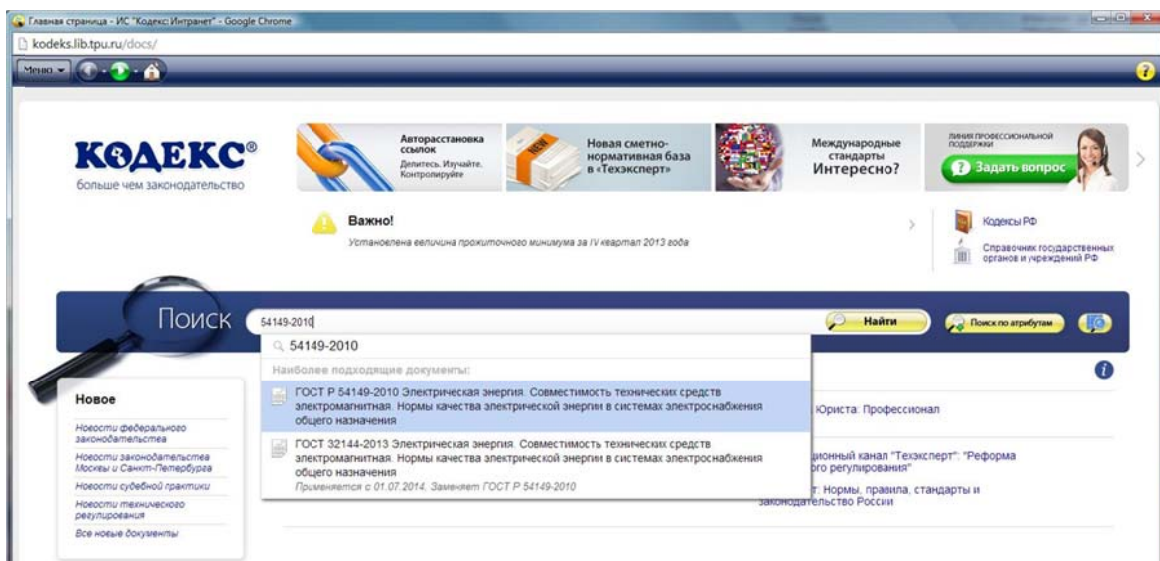


Рис. 1. Поиск нормативных документов в ИПС «Кодекс»

8. На рис. 2 показано, к какому виду относится данный стандарт, дату введения, обозначение общероссийского классификатора стандартов (ОКС), номер группы разработавшей стандарт.

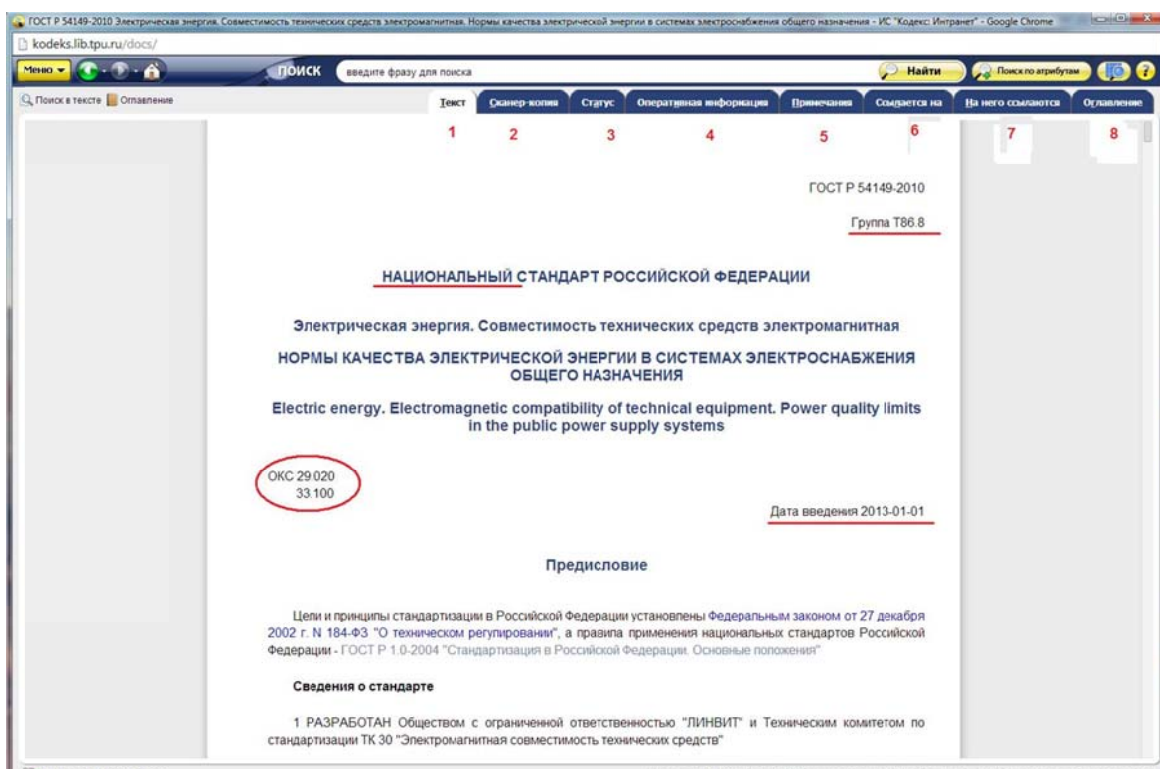


Рис. 2. Фрагмент нормативного документа

Индивидуальное задание

С помощью информационно-поисковой системы «КОДЕКС» выполнить поиск заданного нормативного документа и определить его характеристики (табл. 2). Отчет по практической работе оформляется в печатном виде согласно СТО ТПУ 2.5.01-2011.

Таблица 2

Характеристики нормативных документов

№	Наименование	Примечания
1	Обозначение стандарта	Цифровое обозначение
1.1	Наименование стандарта	На русском и английском языках
1.2	Вид стандарта	
1.3	Категория стандарта	
1.4	Дата введения	
1.5	Тип документа	
1.6	Принявший орган	
1.7	Номер межотраслевой системы стандартов	
2	Код ОКС стандарта	Привести иерархическую структуру для данного стандарта
2.1	Код ОКП стандарта	Привести иерархическую структуру для данного стандарта
3	Область стандартизации	
3.1	Объект стандартизации	
3.2	Сфера применения стандарта	
3.3	Основные термины и определения стандарта	
4	Общие положения стандарта	
5	Взаимоувязанность (комплексность) стандарта	Привести все актуальные документы
6	Сравнить, проанализировать и указать только различия действующего стандарта с предшествующим или проектом будущего стандарта	В табличном виде: было\стало

Таблица 3

Варианты индивидуальных заданий

Номер варианта	Задание
1	ГОСТ Р 54149-2010
2	ГОСТ 30804.4.30-2013

Номер варианта	Задание
3	ГОСТ 29322-92
4	ГОСТ 31818.11-2012
5	ГОСТ 30011.1-2012
6	ГОСТ Р МЭК 60755-2012
7	ГОСТ Р 50031-2012
8	ГОСТ Р МЭК 61643-12-2011
9	ГОСТ Р 54364-2011
10	ГОСТ Р 51327.1-2010
11	ГОСТ Р 50345-2010
12	ГОСТ Р 53988-2010
13	ГОСТ Р МЭК 60269-1-2010
14	ГОСТ Р 52776-2007
15	ГОСТ Р МЭК 61557-1-2005
16	ГОСТ 30030-93
17	ГОСТ Р 52350.14-2006
18	ГОСТ Р 50571.27-2003
19	ГОСТ IEC 61046-2012
20	ГОСТ IEC 60924-2012
21	ГОСТ 14254-96
22	ГОСТ 26246.0-89
23	ГОСТ Р 53073-2008
24	ГОСТ Р 51241-2008

4 Практическая работа № 4 Сертификации технических средств, систем, процессов, оборудования и материалов

Цель работы: способность осуществлять подготовку к сертификации технических средств, систем, процессов, оборудования и материалов.

Индивидуальное задание

С помощью информационно-поисковой системы «КОДЕКС» выполнить описание заданного объекта, оформить отчет в печатном виде согласно СТО ТПУ 2.5.01-2011.

Содержание отчета по практической работе:

1. Основные характеристики и показатели продукции.
 - 1.1. Полное наименование объекта и данные изготовителя.
2. Перечень нормативных документов, необходимых для проведения работ по подтверждению соответствия объекта.
3. Обоснованный выбор формы подтверждения соответствия.
4. Анализ и обоснованный выбор органа по сертификации (ОС) и испытательной лаборатории (ИЛ).
5. Порядок проведения сертификации объекта.
 - 5.1. Определения видов испытаний для проведения испытаний образцов.
 - 5.2. Составление акта отбора образцов.
 - 5.3. Сбор документов, являющихся основанием для принятия решения о сертификации.
 - 5.4. Анализ документов.
6. Заключение.
7. Список использованных источников.

Таблица 4

Варианты индивидуальных заданий

Номер варианта	Задание (код ОКП)
1	31 2406 Дизели типа ЧН25/35 мощностью 300-500 л.с.
2	33 2200 Электродвигатели переменного тока асинхронные мощностью от 0,25 до 100 кВт с высотой оси вращения от 63 до 315 мм
3	33 2400 Электродвигатели переменного тока мощностью от 0,25 до 100 кВт различного назначения
4	33 4120 Электродвигатели взрывобезопасные единой серии

Номер варианта	Задание (код ОКП)
	/VI габарита и выше
5	33 4181 Электродвигатели взрывобезопасные постоянного тока
6	33 5518 Электродвигатели и генераторы главного привода и тягового оборудования для машин и механизмов различного назначения
7	33 8111 Электродвигатели асинхронные в защищенном, закрытом и закрытом продуваемом под избыточным давлением исполнениях на 1500 об/мин (25 сЕ-1) и менее
8	33 8460 Компенсаторы реактивной мощности вращающиеся, синхронные
9	33 8471 Компенсаторы реактивной мощности статические с управляемыми полупроводниковыми преобразователями
10	34 1125 Трансформаторы и комплектные трансформаторные подстанции / взрывозащищенные и рудничные
11	34 1160 Трансформаторы силовые VI габарита (мощностью св.32000 кВ.А до 80000 кВ.А вкл., напряжением св.35 кВ до 110 кВ вкл.; мощностью до 80000 кВ.А включ., напряжением св.110 кВ до 330 кВ включ.)
12	34 1210 Комплектные трансформаторные подстанции (КТП) - I габарита (мощностью до 100 кВ.А включ., напряжением до 35 кВ включ.)
13	34 1300 Трансформаторы малой мощности (однофазные мощностью 4 кВ.А и менее, трехфазные мощностью 5 кВ.А и менее)
14	34 1432 Разрядники вентильные / напряжением до 11 кВ
15	34 1456 Трансформаторы / напряжения - напряжением 400, 500 кВ
16	34 1500 Преобразователи силовые полупроводниковые мощностью до 5 кВт
17	34 1612 Преобразователи тиристорные мощностью 5 кВт и выше / - для электропривода
18	34 1621 Преобразователи диодные мощностью 5 кВт и выше / - для электролиза
19	34 1750 Модули полупроводниковые силовые
20	34 1792 Столбы, секции полупроводниковые высоковольтные
21	34 3350 Комплектные устройства для распределения электрической энергии станций и подстанций постоянного тока (устройства, панели, щиты, шкафы)
22	35 3900 Кабели силовые на напряжение 1 кВ и выше с алю-

Номер варианта	Задание (код ОКП)
	миниевой жилой в стальной оболочке
23	52 2130 Средства специальные для монтажа и ремонта / оборудования электрического электростанций и сетей
24	34 179 Охладители и теплоотводы для силовых полупроводниковых приборов

Учебное издание

АТРОШЕНКО Юлиана Константиновна
КРАВЧЕНКО Евгений Владимирович

Подписано к печати 12.11.2013. Формат 60x84/16. Бумага «Снегурочка».

Печать XEROX. Усл.печ.л. 9,01. Уч.-изд.л. 8,16.

Заказ . Тираж 5 экз.


Национальный исследовательский Томский политехнический университет

Система менеджмента качества

Издательства Томского политехнического университета сертифицирована

NATIONAL QUALITY ASSURANCE по стандарту BS EN ISO 9001:2008



ИЗДАТЕЛЬСТВО  ТПУ. 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30
Тел./факс: 8(3822)56-35-35, www.tpu.ru