

**ПЛАН НЕПРЕРЫВНОГО СТАТИСТИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ  
ПРИ ПРОМЫШЛЕННОМ ВЫПУСКЕ  
САМОРЕГУЛИРУЕМЫХ НЕТКАНЫХ  
ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ\***

**CONTINUOUS STATISTICAL CONTROL PLAN  
FOR INDUSTRIAL ISSUE OF SELF-REGULATING  
NONWOVEN THERMAL INSULATION MATERIALS**

*Е.В. МЕЗЕНЦЕВА, В.Ю. МИШАКОВ*

*E.V. MEZENTSEVA, V.YU. MISHAKOV*

(Российский государственный университет имени А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство),  
ООО "Термопол")

(Russian State University named after A.N. Kosygin (Technology. Design. Art),  
Thermopol, LLC)

E-mail: yelena\_ev@mail.ru, viktormishakov@rambler.ru

*Представлен план технического контроля показателей качества теплоизоляционных нетканых материалов, установлена периодичность контроля. Разработан план непрерывного статистического контроля для статистического регулирования технологических процессов на основе построения контрольных карт.*

*The plan of technical control of quality indicators of thermal insulation nonwoven materials is presented, the frequency of control is established. A plan of continuous statistical control has been developed for the statistical regulation of technological processes based on the construction of process-behavior charts.*

**Ключевые слова:** нетканые материалы, утеплитель, контроль качества, критерий стабильности, контрольные карты Шухарта.

**Keywords:** nonwoven materials, insulation, quality control, stability criterion, process-behavior charts, Shewhart control charts.

Целью настоящего исследования является разработка мероприятий по эффективному осуществлению технического контроля при промышленном выпуске нетканых теплоизоляционных материалов.

Объектом исследования является нетканый теплоизоляционный материал, разработанный и произведенный на площадке индустриального партнера ООО "Термо-

пол", состоящий из 45% полиэфирных волокон, 35% полиакрилатных волокон и 20% легкоплавких волокон [1...3].

Предметом исследования является обеспечение статистического контроля стабильности процесса промышленного выпуска нетканых материалов.

Из практики известно, что значения показателей качества или параметров техно-

\* Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-38-90010.

\* Acknowledgments: The reported study was funded by RFBR, project number № 19-38-90010.

логического процесса изменяются во времени. Это вызывается двумя видами причин: систематическими (не случайными) и случайными. Систематические могут быть устранены, случайные устранить нельзя, но их следует учитывать при управлении качеством продукции [4].

Учет случайных колебаний показателей качества на предприятиях осуществляется в

рамках регистрирующей подсистемы технического контроля, который может быть представлен в виде схемы или плана технического контроля – таблицы, включающей основные сведения, необходимые для осуществления контроля [5].

В ходе исследования стабильности показателей качества составлен план технического контроля (табл. 1).

Т а б л и ц а 1

Место контроля	Объект контроля	Контролируемые показатели качества	Метод контроля	Периодичность контроля	Ответственный за контроль	Использование результатов контроля	Доверительный интервал коэффициента вариации, %
Цех по производству нетканых термоскрепленных материалов	Нетканые термоскрепленные материалы	Поверхностная плотность, г/м <sup>2</sup>	Взвешивание на электронных весах	Каждую единицу продукции	Отдел технического контроля	Сообщение технологу	2,32<3,18<5,25
		Неровнота по массе, %	ГОСТ 15902.2 [6]	Каждую партию	Отдел технического контроля	Сообщение технологу	11,71<16,04<26,46
		Разрывное удлинение по длине, %	ГОСТ 15902.3 [7]	Каждую партию	Отдел технического контроля	Сообщение технологу	10,45 <14,32<23,63
		Суммарное тепловое сопротивление до мокрой обработки, м <sup>2</sup> ·°C/Вт	ГОСТ 20489 [8]	1 раз в месяц	Отдел технического контроля	Сообщение главному технологу	4,47<6,13<10,11
		Гигроскопичность, %	ГОСТ 3816 [9]	1 раз в месяц	Отдел технического контроля	Сообщение технологу	3,61<4,95<8,17

Периодичность контроля показателей качества была установлена по величине коэффициента вариации, как критерия стабильности (чем выше значение, тем меньше интервал). Исключение было сделано для показателя качества поверхностная плотность вследствие того, что данный показатель оказывает значительный экономический эффект при колебании значений.

Результатом данного исследования стала разработка плана непрерывного статистического контроля качества для объекта исследования (табл. 2 – значения для построения контрольных карт среднего и размаха варьирования; табл. 3 – значения для построения контрольной карты среднего

квадратического отклонения) с целью осуществления статистического регулирования технологического процесса.

Наиболее распространенным методом статистического регулирования являются точечные диаграммы – контрольные карты, которые получают путем последовательного нанесения результатов контроля на специально построенный график. Точечная диаграмма состоит из центральной линии  $\bar{z}$ ; внутренних границ  $e_n$  и  $e_b$ , которые образуют зону регулирования; внешних границ  $U$  и  $L$ ; допусков. Зоны между  $e$  и  $U$ ,  $e$  и  $L$  называют предупредительными, а лежащие выше или ниже линий допусков – зонами брака [5].

Таблица 2

Значения для построения контрольных карт	Контролируемые ПК			
	Поверхностная плотность, г/м <sup>2</sup>	Суммарное тепловое сопротивление до мокрой обработки, м <sup>2</sup> ·°С/Вт	Гигроскопичность, %	Разрывное удлинение по длине, %
Точечные диаграммы среднего показателя качества				
Центральная линия z	150,60	0,53	16,71	5,61
Верхняя граница регулирования e <sub>в</sub>	157,55	0,62	19,00	7,08
Нижняя граница регулирования e <sub>н</sub>	143,65	0,44	14,41	4,13
Верхний предел допуска U	162,00	0,67	23,04	9,73
Нижний предел допуска L	138,00	0,39	10,38	1,48
Объем выборки n	5,00	5,00	3,00	4,00
Коэффициент A <sub>α</sub>	1,15	1,15	1,49	1,29
Вероятность расположения точек между линиями e <sub>н</sub> и e <sub>в</sub> , P	0,99	0,99	0,99	0,99
Индекс α	0,01	0,01	0,01	0,01
Доверительный уровень t	2,58	2,58	2,58	2,58
Не смещенное среднее квадратическое отклонение S <sub>н</sub>	6,02	0,08	1,54	1,14
Коэффициент, k	0,43	0,89	0,59	0,49
Точечные диаграммы размаха варьирования				
Центральная линия z	14,00	0,09	2,61	2,35
Верхняя граница регулирования e <sub>в</sub>	27,44	0,18	6,13	4,94
Нижняя граница регулирования e <sub>н</sub>	0,56	0,00	0,00	0,00
Объем выборки n	5,00	5,00	3,00	4,00
Вероятность выхода отдельных выборочных значений размаха за границы регулирования P	0,99	0,99	0,99	0,99
Коэффициент D <sub>3</sub>	0,04	0,04	0,00	0,00
Коэффициент D <sub>4</sub>	1,96	1,96	2,35	2,10

Таблица 3

Значения для построения точечных диаграмм среднего квадратического отклонения	Контролируемый показатель качества
	Неровнота по массе, %
Центральная линия z	0,61
Верхняя граница регулирования e <sub>в</sub>	0,86
Нижняя граница регулирования e <sub>н</sub>	0,35
Объем выборки n	20,00
Вероятность выхода отдельных выборочных значений размаха за границы регулирования P	0,99
Коэффициент B <sub>3</sub>	0,58
Коэффициент B <sub>4</sub>	1,42

По расположению результатов последовательно производимого контроля качества вырабатываемой продукции на точечной диаграмме принимают одно из следующих решений:

1) точки симметрично располагаются относительно центральной линии в зоне регулирования – процесс протекает стабильно и не требует вмешательства;

2) точки располагаются длительное время по одну сторону от центральной линии в зоне регулирования – дестабилизация

технологического процесса и качества вырабатываемой продукции. Допускается подстройка технологического процесса;

3) точки располагаются в предупредительной зоне симметрично или по одну сторону от центральной линии – нестабильность процесса. Необходимо регулирование технологического процесса, по возможности без остановки его протекания;

4) точка вышла за предупредительную зону или пошла в зону брака – необходимо сделать повторную выборку, при повторя-

ющемся результате, процесс останавливают до устранения причины появления брака [5].

Для контролируемых показателей качества установлены нормы:

– для поверхностной плотности по ГОСТ 13587 [10];

– для неровноты по массе по ГОСТ Р 57632 [11];

– для показателей качества: разрывное удлинение по длине, суммарное тепловое

сопротивление до мокрой обработки и гигроскопичность через толерантные границы [12]. Для всех показателей качества уровень доверия и доля совокупности были выбраны идентичными:  $(1 - \alpha) = p = 0,95$  (95%).

Количество выборок для контроля ( $m$ ) определяется согласно ГОСТ 13587 [10] и зависит от объема производимой продукции.

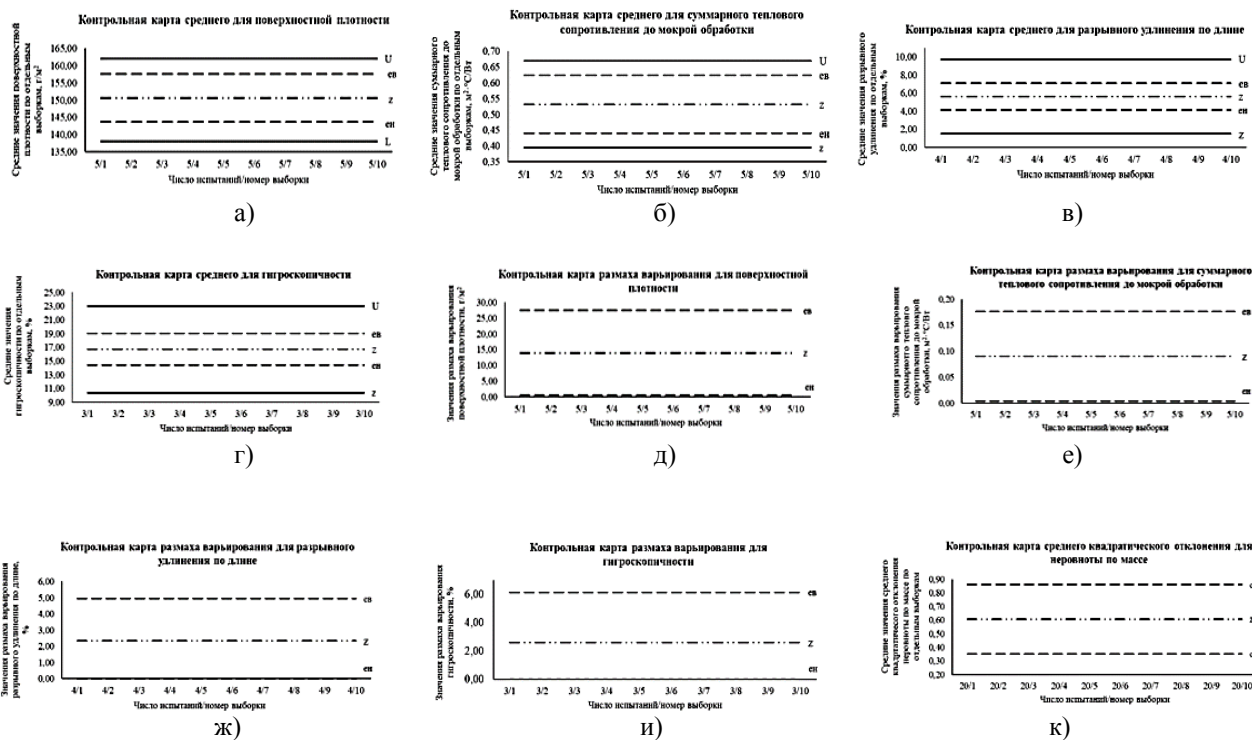


Рис. 1

Объем выборки ( $n$ ) был определен согласно рекомендациям ГОСТ:

– для поверхностной плотности по ГОСТ 13587 [10] зависит от объема производимой продукции, например, для партии 15 000 погонных метров  $n = 5$ ;

– для неровноты по массе по ГОСТ 15902.2 [6]:  $n = 20$ ;

– для разрывного удлинения по длине по ГОСТ 15902.3 [7]:  $n = 4$ ;

– для суммарного теплового сопротивления по ГОСТ 20489 [8] число испытаний в выборке рекомендовано:  $n = 2$ , однако исходя из расчета толерантных границ при выбранном уровне доверия 95%, верхняя и

нижняя границы нормы получаются значительными и превышают средние значения показателя качества более чем в 2,5 раза. Для получения адекватных толерантных границ число испытаний в выборке было увеличено до  $n = 5$ . В процессе производственного контроля при стабильности данного показателя качества возможна оценка по мгновенной выборке, число испытаний в которой может быть меньшим, при этом показатель качества следует оценивать по расположению точек в зоне регулирования;

– для гигроскопичности по ГОСТ 3816 [9]:  $n = 3$ .

При установленных нормах и объемах выборки были построены контрольные карты. В данном исследовании использовались контрольные карты В. Шухарта [13], общая методика построения которых изложена в ГОСТ Р ИСО 7870-2 [14]. Контрольные карты среднего представлены на рис. 1 (а – г), размаха варьирования на рис. 1 (д – и), среднего квадратического отклонения на рис. 1 (к).

Анализ расположения точек на контрольной карте размаха и контрольной карте среднего аналогичный. Выход подряд двух точек за верхнюю границу регулирования указывает на достоверное увеличение неравномерности материала и необходимости принятия мер для ее снижения. Расположение точек ниже границы регулирования  $e_n$  свидетельствует о достоверном улучшении равномерности материала [5].

При объеме выборок  $n \geq 10$  неравномерность контролируемого показателя качества оценивают средним квадратическим отклонением, после этого точки с соответствующими ординатами наносят на контрольную карту и соединяют прямыми [5].

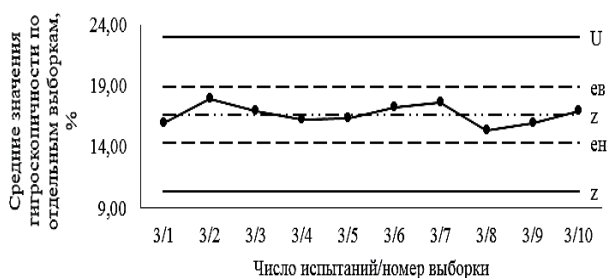


Рис. 2

В качестве примера на рис. 2 представлена контрольная карта среднего для показателя качества гигроскопичность с нанесенными на ней точками (результаты контроля).

При устойчивом процессе анализируют расположение точек на контрольной карте.

В данном случае точки располагаются внутри границ регулирования, примерно в одинаковом количестве выше и ниже центральной линии  $z$ , что говорит о нормальности процесса и соответствии показателя качества норме.

Контрольные карты – это визуальный инструмент, который позволяет проанализировать и использовать для принятия решений.

## ВЫВОДЫ

1. Установлена периодичность контроля показателей качества по критерию стабильности: поверхностная плотность – каждая единица продукции, неровнота по массе, разрывное удлинение по длине – каждая партия, суммарное тепловое сопротивление до мокрой обработки и гигроскопичность – 1 раз в месяц.

2. Разработан план непрерывного статистического контроля для статистического регулирования технологических процессов на основе построения контрольных карт среднего, среднего квадратического отклонения и размаха варьирования.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Мезенцева, Е.В., Мишаков В.Ю. Исследования структурных характеристик нетканого объемного термоскрепленного материала, сформированного путем диспергирования волокон в потоке воздуха, содержащего полиакрилатные волокна // Изв. вузов. Технология легкой промышленности. – 2019, № 3. С. 29...33.
2. Мезенцева, Е.В., Иванов В.В., Мишаков В.Ю. Исследование структуры и свойств нетканых объемных материалов в зависимости от содержания полиэфирных волокон // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2019, №5. С. 54...60.
3. Мезенцева, Е.В., Мишаков В.Ю. Разработка саморегулирующихся нетканых систем на основе полиакрилатных волокон // Сб. стендовых докладов молодых ученых и студентов: Современные задачи инженерных наук: Международный Косыгинский Форум (29-30 октября 2019 г.). – М.: РГУ имени А.Н. Косыгина, 2019. С. 117...119.
4. Кирюхин С.М., Соловьев А.Н. Контроль и управление качеством текстильных материалов. – М.: Легкая индустрия, 1977.
5. Кирюхин С.М., Демократова Е.Б. Контроль качества текстильных материалов. Конспект лекций. – М.: РГУ имени А.Н. Косыгина, 2017.
6. ГОСТ 15902.2–2003 (ИСО 9073-2:1995). Полотна нетканые. Методы определения структурных характеристик. – Введ. 2004-09-01. – М.: ОАО "НИИ-ИИМ", 2003.
7. ГОСТ 15902.3–79. Полотна нетканые. Методы определения прочности – Введ. 1980-07-01. – М.: Минлегпром СССР, 1979.

8. ГОСТ 20489–75. Материалы для одежды. Метод определения суммарного теплового сопротивления. – Введ. 1976-01-01. – М.: Изд-во стандартов, 1986.

9. ГОСТ 3816–81 (ИСО 811-81). Полотна текстильные. Методы определения гигроскопических и водоотталкивающих свойств. – Введ. 1982-07-01. – М.: Минлегпром СССР, 1981.

10. ГОСТ 13587–77. Полотна нетканые и изделия штучные нетканые. Правила приемки и метод отбора проб. – Введ. 1978-07-01. – М.: Минлегпром, 1977.

11. ГОСТ Р 57632–2017. Материалы нетканые для специальной одежды. Утеплители. Технические требования. Методы испытаний. – Введ. 2018-05-01. – М.: ТК 412 "Текстиль", 2018.

12. Соловьев А.Н., Кирюхин С.М. Оценка и прогнозирование качества текстильных материалов. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1984.

13. Shewhart W. (1939). Statistical method from the viewpoint of quality control. Washington: The Department of Agriculture, 1939.

14. ГОСТ Р ИСО 7870-2–2015. Статистические методы. Контрольные карты. Часть 2. Контрольные карты Шухарта – Введ. 2016-12-01. – М.: ТК 125 "Применение статистических методов", "СТАНДАРТИНФОРМ", 2019.

#### REFERENCES

1. Mezentseva, E.V., Mishakov V.Yu. Issledovaniya strukturnykh kharakteristik netkanogo ob'emnogo termoskreplennogo materiala, sformirovannogo putem dispergirovaniya volokon v potoke voz-dukha, soderzhashchego poliakrilatnye volokna // *Izv. vuzov. Tekhnologiya legkoy promyshlennosti*. – 2019, № 3. S.29...33.

2. Mezentseva, E.V., Ivanov V.V., Mishakov V.Yu. Issledovanie struktury i svoystv netkanykh ob'emnykh materialov v zavisimosti ot soderzhaniya poliefirnykh volokon // *Izv. vuzov. Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti*. – 2019, №5. S. 54...60.

3. Mezentseva, E.V., Mishakov V.Yu. Razrabotka samoreguliruyushchikhsya netkanykh sistem na osnove poliakrilatnykh volokon // *Sb. standovykh dokladov*

molodykh uchenykh i studentov: *Sovremennye zadachi inzhenernykh nauk: Mezhdunarodnyy Kosygin'skiy Forum (29-30 oktyabrya 2019 g.)*. – М.: RGU imeni A.N. Kosygina, 2019. S. 117...119.

4. Kiryukhin S.M., Solov'ev A.N. Kontrol' i upravlenie kachestvom tekstil'nykh materialov. – М.: Legkaya industriya, 1977.

5. Kiryukhin S.M., Demokratova E.B. Kontrol' kachestva tekstil'nykh materialov. Konspekt lektsiy. – М.: RGU imeni A.N. Kosygina, 2017.

6. GOST 15902.2–2003 (ISO 9073-2:1995). Polotna netkanye. Metody opredeleniya strukturnykh kharakteristik. – Vved. 2004-09-01. – М.: OAO "NIINM", 2003.

7. GOST 15902.3–79. Polotna netkanye. Metody opredeleniya prochnosti – Vved. 1980-07-01. – М.: Minlegprom SSSR, 1979.

8. GOST 20489–75. Materialy dlya odezhdy. Metod opredeleniya summarnogo teplovogo soprotivleniya. – Vved. 1976-01-01. – М.: Izd-vo standartov, 1986.

9. GOST 3816–81 (ISO 811-81). Polotna tekstil'nye. Metody opredeleniya gigroskopicheskikh i vo-doottalkivayushchikh svoystv. – Vved. 1982-07-01. – М.: Minlegprom SSSR, 1981.

10. GOST 13587–77. Polotna netkanye i izdeliya shtuchnye netkanye. Pravila priemki i metod otbora prob. – Vved. 1978-07-01. – М.: Minleg-prom, 1977.

11. GOST R 57632–2017. Materialy netkanye dlya spetsial'noy odezhdy. Utepliteli. Tekhnicheskie trebovaniya. Metody ispytaniy. – Vved. 2018-05-01. – М.: ТК 412 "Текстиль", 2018.

12. Solov'ev A.N., Kiryukhin S.M. Otsenka i prognozirovanie kachestva tekstil'nykh materialov. – М.: Legkaya i pishchevaya promyshlennost', 1984.

13. Shewhart W. (1939). Statistical method from the viewpoint of quality control. Washington: The Department of Agriculture, 1939.

14. GOST R ISO 7870-2–2015. Statisticheskie metody. Kontrol'nye karty. Chast' 2. Kontrol'nye karty Shukharta – Vved. 2016-12-01. – М.: ТК 125 "Prime-nenie statisticheskikh metodov", "STANDARTIN-FORM", 2019.

Рекомендована кафедрой коммерции и сервиса РГУ имени А.Н. Косыгина. Поступила 18.05.20.