

Федеральное агентство по образованию Российской Федерации
Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
Ивановский государственный химико-технологический университет

Ю.В. Царев, А.Н.Тростин

**СТАТИСТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ
КАЧЕСТВОМ. КОНТРОЛЬНЫЕ КАРТЫ.**

Учебно-методическое пособие

Иваново 2006

УДК 519.22+658.56

Царев Ю.В., Тростин А.Н. Статистические методы управления качеством. Контрольные карты: Учебно-методическое пособие/ ГОУ ВПО Иван. гос. хим. - технол. ун-т. - Иваново, 2006.- 250 с. ISBN

В учебно-методическом пособии для студентов специальности 20.05.03 «Стандартизация и сертификация» приведены примеры управления качеством продукции с помощью статистических методов.

В данной пособии приведены примеры построения контрольных карт Шухарта, контрольных карты кумулятивных сумм, контрольных карты арифметического среднего с предупреждающими границами. С помощью перечисленных контрольных карт показано, как качество сырья и параметры технологического процесса оказывают влияние на качество готовой продукции. Рассмотрены методики построения контрольных карт. Проведен анализ построенных контрольных карт. Приведены примеры проведения корреляционного и факторного анализа. Все примеры реализованы в программном комплексе MathCad.

Учебно-методическое пособие является раздаточным материалом и может быть использовано при самостоятельной подготовке.

Табл. 16, Ил. 64 Библиогр.: 11 назв.,

Печатается по решению редакционно-издательского совета Ивановского государственного химико-технологического университета

Рецензенты:

кафедра Коммерции и коммерческой деятельности (Ивановский филиал государственного торгово-экономического университета);

кандидат технических наук Файн Е.Л. (Ивановская государственная текстильная академия)

ISBN

© ГОУ ВПО Ивановский государственный химико-технологический университет, 2006

ВВЕДЕНИЕ

Традиционный подход к производству, вне зависимости от вида продукции, — это изготовление и контроль качества для проверки готовой продукции и отбраковка единиц, не соответствующих установленным требованиям. Такая стратегия часто приводит к потерям и не экономична, поскольку построена на проверке пост- фактум, когда бракованная продукция уже создана. Более эффективна стратегия предупреждения потерь, позволяющая избежать производства непригодной продукции. Такая стратегия предполагает сбор информации о самих процессах, ее анализе и эффективные действия по отношению к ним, а не к продукции.

Контрольная карта — это графическое средство, использующее статистические подходы, важность которых для управления производственными процессами была впервые показана доктором У. Шухартом в 1924 г.. Теория контрольных карт различает два вида изменчивости.

Первый вид — изменчивость из-за «случайных (обычных) причин», обусловленная бесчисленным набором разнообразных причин, присутствующих постоянно, которые нелегко или невозможно выявить. Каждая из таких причин составляет очень малую долю общей изменчивости, и ни одна из них не значима сама по себе. Тем не менее сумма всех этих причин измерима и предполагается, что она внутренне присуща процессу. Исключение или уменьшение влияния обычных причин требует управленческих решений и выделения ресурсов на улучшение процесса и системы.

Второй вид — реальные перемены в процессе. Они могут быть следствием некоторых определяемых причин, не присущих процессу внутренне и могут быть устранены, по крайней мере, теоретически. Эти выявляемые причины рассматриваются как «неслучайные» или «особые» причины изменения. К ним могут быть отнесены поломка инструмента, недостаточная однородность материала, производственного или

контрольного оборудования, квалификация персонала, невыполнение процедур и т. д.

Цель контрольных карт — обнаружить неестественные изменения в данных из повторяющихся процессов и дать критерии для обнаружения отсутствия статистической управляемости. Процесс находится в статистически управляемом состоянии, если изменчивость вызвана только случайными причинами. При определении этого приемлемого уровня изменчивости любое отклонение от него считают результатом действия особых причин, которые следует выявить, исключить или ослабить.

Задача статистического управления процессами — обеспечение и поддержание процессов на приемлемом и стабильном уровне, гарантируя соответствие продукции и услуг установленным требованиям. Главный статистический инструмент, используемый для этого, — контрольная карта, — графический способ представления и сопоставления информации, основанной на последовательности выборок, отражающих текущее состояние процесса, с границами, установленными на основе внутренней присущей процессу изменчивости. Метод контрольных карт помогает определить, действительно ли процесс достиг статистически управляемого состояния на правильно заданном уровне или остается в этом состоянии, а затем поддерживать управление и высокую степень однородности важнейших характеристик продукции или услуги посредством непрерывной записи информации о качестве продукции в процессе производства. Использование контрольных карт и их тщательный анализ ведут к лучшему пониманию и совершенствованию процессов.

1. УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ ПРОДУКЦИИ И РОЛЬ СТАТИСТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ

Качество продукции (работ, услуг) является определяющим в общественной оценке результатов деятельности каждого трудового коллектива. Выпуск эффективной и высококачественной продукции позволяет предприятию получить дополнительную прибыль, обеспечивать самофинансирование производственного и социального развития /5/.

Качество – понятие многоплановое, обеспечение его требует объединения творческого потенциала и практического опыта многих специалистов. Проблема повышения качества может быть решена только при совместных усилиях государства, федеральных органов управления, руководителей и членов трудовых коллективов предприятий. Важную роль в решении этой проблемы играют потребители, диктующие свои требования и запросы производителям товаров и услуг/6/.

Роль и значение качества постоянно возрастает под влиянием развития технологий производства и потребностей человека /7/.

На предприятиях в рамках действующих комплексных систем управления качеством продукции создаются группы качества. Основные их задачи: изучение причин возникновения дефектов и подготовка предложений по их устранению, дальнейшему повышению надёжности и долговечности продукции, росту производительности труда и объёмов производства изделий высшего качества, возрастанию ритмичности производства, сокращению расходов, связанных с браком, устранение дефектов, рекламациями, а также по рациональному и экономическому расходованию всех видов ресурсов. Практика работы предприятий показывает, что там, где эффективно работают такие группы, повышается качество труда и продукции, улучшается культура производства, растёт удельный вес изделий высшего качества в общем объёме продукции /5/.

Статистические методы контроля качества в настоящее время приобретают всё большее признание и распространение в промышленности.

Научные методы статистического контроля качества используются в следующих отраслях:

- В машиностроении;
- В лёгкой промышленности;
- В области коммунальных услуг.

Основной задачей статистических методов контроля является обеспечение производства пригодной к употреблению продукции и оказание полезных услуг с наименьшими затратами. С этой целью проводят анализ новых операций или другие исследования, направленные на обеспечение производства пригодной к употреблению продукцией/2/.

Статистические методы контроля качества продукции были внедрены в нескольких ведущих отраслях производства и правительственных учреждениях; они дали значительные результаты по следующим показателям:

1. повышение качества закупаемого сырья;
2. экономия сырья и рабочей силы;
3. повышение качества производимой продукции;
4. снижение количества брака;
5. снижение затрат на проведение контроля;
6. улучшение взаимосвязи между производством и потребителем;
7. облегчение перехода производства с одного вида продукции на другой.

Главная задача – не просто увеличить количество продукции, а увеличить количество такой продукции, которая была бы пригодной к употреблению. Одним из основных принципов контроля качества при помощи статистических методов является стремление повысить качество продукции, осуществляя контроль на различных этапах производственного процесса.

Качество конечного продукта производства изменить уже нельзя/2/.

Контроль качества при помощи статистических методов нужно с успехом осуществлять в различных областях производства. Такой контроль

используется в управлении таким процессом, при котором одни и те же детали изготавливаются серийно в течении длительного периода времени или когда нужно поддерживать определённый уровень качества изделий, поскольку даже небольшое отклонение приводит к большой потере средств. Статистические методы используются также и в контроле при единичном и мелкосерийном производстве /2/.

Современные методы контроля качества

1. дифференциальный метод.
2. метод комплексной оценки уровня качества продукции.
 - метод параметрических регрессионных зависимостей.
 - метод определения коэффициента весомости по стоимостным регрессионным зависимостям.
 - метод предельных и номинальных значений.
 - метод эквивалентных соотношений.
3. смешанный метод оценки уровня качества продукции.
4. метод интегральной оценки уровня качества.
5. экономическая оценка уровня качества продукции.
6. метод оценки уровня качества разнородной продукции.

1.1. Применение статистических методов для решения проблем

При планировании развития предприятия в будущем экономисты придают большое значение активизации деятельности по управлению качеством продукции . Контроль качества состоит в том, чтобы проверяя должным образом подобранные данные обнаружить различные отклонения параметров от их запланированных значений , найти причину этого, а после её устранения вновь проверить соответствие установленным показателям.

Источником данных при осуществлении контроля качества служат следующие мероприятия :

- Инспекционный контроль - регистрация данных входного контроля сырья и материалов и регистрация данных самого технологического процесса.

- Производство и технологии – регистрация данных контроля процесса, повседневная информация о применяемых операциях , регистрация данных контроля оборудования, патенты и статьи из периодической печати и других источников информации.
- Поставка материалов и сбыт продукции – регистрация движения через склады, регистрация сбыта продукции (данные о получении выгоды).
- Управление и делопроизводство – регистрация прибыли, возврат продукции, регистрация обслуживания постоянных клиентов, продаж, обработка рекламации, анализ рынка и т.д.
- Финансовые операции – таблица сопоставления дебет-кредит, регистрация подсчёта потерь и т.д.

Для получения итогового заключения о качестве продукции требуется дополнительная обработка полученных данных. Все статистические методы базируются на понятии разброса. Применение статистических методов для контроля за разбросом параметров выпускаемой продукции является представлением в графическом виде простых для понимания статистических величин.

Если разброс мал, контроль может быть ослаблен. Если велик, то это следует воспринимать как сигнал необходимости регулирования процесса, его стабилизации, повышение качества исходного материала, выявление неполадок в оборудовании и т.д. Обычно для анализа данных на рабочем месте используют “ 7 инструментов” контроля качества.

Они объединяют следующие методы:

1. метод расслоения ;
2. графики ;
3. диаграмма Парето ;
4. причинно-следственная диаграмма ;
5. гистограмма ;
6. диаграмма разброса ;

Одним из способов достижения удовлетворительного качества и поддержания его на этом уровне является применение контрольных карт.

1.2. Контрольные карты Шухарта

Контрольная карта представляет собой специальный бланк, на котором проводятся центральная линия и две линии: выше и ниже средней, называемые верхней и нижней контрольными границами. На карту точками наносятся данные измерений и контроля параметров и условий производства. Исследуя изменения данных с течением времени следует, чтобы точки графика не вышли за контрольные границы. Если обнаружился выброс одной или нескольких точек за контрольные границы – это воспринимается как отклонение параметров или условий процесса от установленной нормы. Для выявления причины отклонения исследуют влияние качества исходного материала или деталей, методов, операций, условий проведения технологических операций, оборудования.

В производственной практике применяются следующие виды контрольных карт:

1. карта средних арифметических и размахов: X-R применяется в случае контроля по количественному признаку, таких показателей качества как длина, масса, прочность на разрыв и др.
2. карта индивидуальных значений: X- карта применяется в случае необходимости быстрого обнаружения незамеченных факторов или в случае, когда за один день или за неделю было произведено только одно наблюдение.
3. карта доли дефектной продукции : p-карта- применяется в случае контроля по определению доли дефектных изделий.
4. карта числа дефектных единиц продукции: np-карта- применяется в случае контроля по определению числа дефектных изделий.
5. карта числа дефектов: c-карта применяется в случае, когда контроль качества осуществляется путём определения суммарного числа

дефектов в заранее установленном постоянном объеме проверяемых изделий.

- б. карта числа дефектов на единицу продукции : u-карта- применяется в случае контроля качества по числу дефектов на единицу продукции, когда площадь, длина или др. параметр образца продукции не является постоянной величиной.

Данные представленные в контрольной карте применяются для построения гистограмм, графики получаемые на контрольных картах сравниваются с контрольными нормативами. Всё это позволяет получать ценную информацию для решения возникших проблем /1/.

При построении контрольных карт Шухарта возможны две ситуации:

1. Стандартные значения показателей заданы, то есть имеются значения математического ожидания и дисперсии генеральной совокупности. Это обычно стандартное значение показателя и допустимое отклонение, которые задаются в нормативной документации.

2. Стандартные значения не заданы. В таком случае используют значения среднего арифметического и среднего квадратичного отклонения.

- 1) Контрольные карты Шухарта, для которых стандартные значения заданы.

На основе исходных данных строим \bar{X} -карту. Для её построения необходимо рассчитать центральную линию (CL) – соответствует эталонному значению характеристики, а также верхнюю (UCL) и нижнюю (LCL) контрольные линии контрольной карты средних значений (X-карты), которые рассчитываются следующим образом:

$$CL = \mu$$

$$UCL = \mu + 3\sigma$$

$$LCL = \mu - 3\sigma$$

где μ – эталонное значение характеристики (математическое ожидание);

σ – установленный стандартом допуск (дисперсия).

Затем строим R-карту. Для её построения необходимо рассчитать скользящие размахи – это абсолютное значение разности измерений в

последовательных парах. Центральная линия (CL), верхняя (UCL) и нижняя (LCL) контрольные линии контрольной карты размахов (R-карты), рассчитываются следующим образом:

$$\begin{aligned} CL &= d_2 * \sigma \\ UCL &= D_2 * \sigma \\ LCL &= D_1 * \sigma \end{aligned}$$

где σ – установленный стандартом допуск (дисперсия); d_2 , D_1 , и D_2 – коэффициенты для вычисления линий контрольных карт (таблица 2).

Величина уменьшенного допуска рассчитывается как:

$$\sigma_1 = R_{cp} * d_2$$

где R_{cp} – величина среднего скользящего размаха.

2) Контрольные карты Шухарта, для которых стандартные значения не заданы.

На основе исходных данных строим \bar{X} -карту.

При неизвестных значениях математического ожидания и дисперсии генеральной совокупности центральная линия, а также верхняя и нижняя контрольные границы контрольной карты средних значений (X-карты) рассчитываются следующим образом:

$$CL = \bar{X}_{cp}$$

$$UCL = \bar{X}_{cp} + E_2 * R_{cp}$$

$$LCL = \bar{X}_{cp} - E_2 * R_{cp}$$

где \bar{X}_{cp} – среднее значение показателя за весь исследуемый период;

R_{cp} – среднее значение скользящих размахов;

E_2 – коэффициент, для вычисления линий контрольных карт (определяется из таблицы 4).

Затем строим R-карту. Для её построения необходимо рассчитать скользящие размахи – это абсолютное значение разности измерений в последовательных парах.

Центральная линия, а также верхняя и нижняя контрольная границы контрольной карты размахов (R-карты) рассчитываются следующим образом:

$$CL = R_{ср}$$

$$UCL = D_4 * R_{ср}$$

$$LCL = D_3 * R_{ср}$$

где $R_{ср}$ – среднее значение скользящих размахов;

D_3 , D_4 - коэффициенты, для вычисления линий контрольных карт (определяются из таблицы 3).

Кроме регулирования технологических процессов, контрольные карты могут также использоваться и для других целей. Наибольшее распространение получили контрольные карты среднего значения \bar{X} и контрольные карты размаха R , которые используются совместно или раздельно /2/.

Карта Шухарта требует данных, получаемых выборочно из процесса через примерно равные интервалы. Интервалы могут быть заданы либо по времени (например ежечасно), либо по количеству продукции (каждая партия). Карта Шухарта – это график значений определённых характеристик подгрупп в зависимости от их номеров. Она имеет центральную линию (CL), соответствующую эталонному значению характеристики. При оценке того, находится ли процесс в статистически управляемом состоянии, эталонным обычно служит среднее арифметическое рассматриваемых данных. Карта Шухарта имеет две статистически определяемые контрольные границы относительно центральной линии, которые называются верхней контрольной границей (UCL) и нижней контрольной границей (LCL).

Контрольные границы на карте Шухарта находятся на расстоянии 3σ от центральной линии, где σ – генеральное стандартное отклонение используемой статистики.

Границы $\pm 3\sigma$ указывают, что около 99,7 % значений характеристики подгрупп попадут в эти пределы при условии, что процесс находится в

статистически управляемом состоянии. Другими словами, есть риск, равный 0,3% , что нанесённая точка окажется вне контрольных границ, когда процесс стабилен.

Если процесс статистически управляем, контрольные карты реализуют метод непрерывной статистической проверки нулевой гипотезы о том, что процесс не изменился и остаётся стабильным.

Когда наносимое значение выходит за любую из контрольных границ или серия значений проявляет необычные структуры, состояние статистической управляемости подвергается сомнению. В этом случае надо исследовать и обнаружить неслучайные (особые) причины, а процесс можно остановить или скорректировать. Как только особые причины найдены и исключены, процесс снова готов к продолжению работы /1/ .

Контрольные карты Шухарта бывают двух основных типов : для количественных и альтернативных данных. Для каждой контрольной карты встречаются две ситуации:

- Стандартные значения не заданы;
- Стандартные значения заданы.

Стандартные значения – значения, установленные в соответствии с некото-рыми конкретными требованиями или целями.

Типы контрольных карт для количественных и качественных признаков. В стандарте рассмотрены следующие контрольные карты:

а) контрольные карты для количественных данных:

- Карты среднего (\bar{X}) и размахов (R) или выборочных стандартных отклонений (s);
- Карта индивидуальных значений (\bar{X}) и скользящих размахов (R);
- Карта медиан (Me) и размахов (R);

б) Контрольные карты для альтернативных данных:

- Карта долей несоответствующих единиц продукции (p) или карта числа несоответствующих единиц (np);

- Карта числа несоответствий (c) или карта числа несоответствий, приходящихся на единицу продукции (u) /1/.

Количественные данные представляют собой наблюдения, полученные с помощью измерения и записи значений некоторой характеристики для каждой единицы, рассматриваемой в подгруппе, например длина в метрах, сопротивление в Омах, шум в децибелах и т.д. карты для количественных данных, и особенно простейшие из них (\bar{X} - и R -карты) , - это классические контрольные карты, применяемые для управления процессами.

Контрольные карты для количественных данных имеют следующие преимущества:

- Большинство процессов и их продукция на выходе имеют характеристики, которые могут быть измерены, так что применимость таких карт потенциально широка;
- Измеренное значение содержит больше информации, чем простое утверждение «да- нет»;
- Характеристики процесса могут быть проанализированы безотносительно установленных требований. Карты запускаются вместе с процессом и дают независимую картину того, на что процесс способен. После этого характеристики процесса можно сравнить или нет с установленными требованиями;
- Хотя получение количественных данных дороже, чем альтернативных, объёмы подгрупп для количественных данных почти всегда гораздо меньше и при этом намного эффективнее. это позволяет снизить общую стоимость контроля и уменьшить временной разрыв между производством продукции и корректирующим воздействием /1/.

Контрольные карты Шухарта для количественных данных.

К а р т ы с р е д н и х (\bar{X}) и р а з м а х о в (R) и л и в ы б о р о ч н ы х
с т а н д а р т н ы х о т к л о н е н и й (S)

Карты для количественных данных отражают состояние процесса через разброс (изменчивость от единицы к единице) и через расположение центра

(среднее процесса). Поэтому контрольные карты для количественных данных почти всегда применяют и анализируют парами — одна карта для расположения и одна — для разброса. Наиболее часто используют пару X - и R -карту. В таблицах 1 и 2 приведены формулы контрольных границ и коэффициенты для соответствующих карт.

Таблица 1

Формулы для контрольных границ карт Шухарта с использованием количественных данных

Статистика	Стандартные значения не заданы		Стандартные значения заданы	
	CL	LCL и UCL	CL	LCL и UCL
X	X	$X \pm A_2 \cdot R$ $X \pm A_3 \cdot S$	X_o	$X_o \pm A_1 \cdot \sigma$
R	R	$D_3 \cdot R$ $D_4 \cdot R$	R_o или $d_2 \cdot \sigma$	$D_1 \cdot \sigma$ $D_2 \cdot \sigma$
S	S	$B_3 \cdot S$ $B_4 \cdot S$	S_o или $C_4 \cdot \sigma$	$B_5 \cdot \sigma$ $B_6 \cdot \sigma$
Примечание X_o, R_o, S_o - стандартные значения, X, R, S- средние арифметические				

Таблица 2

Коэффициенты для вычисления линий контрольных карт

Число наблюдений	Коэффициенты для вычисления LCL и UCL											Для вычисления CL	
	A ₁	A ₂	A ₃	B ₃	B ₄	B ₅	B ₆	D ₁	D ₂	D ₃	D ₄	C ₄	d ₂
2	2,12	1,88	2,66	0,00	3,27	0,00	2,61	0,00	3,69	0,00	3,27	0,80	1,13
3	1,73	1,02	1,95	0,00	2,57	0,00	2,28	0,00	4,36	0,00	2,57	0,89	1,69
4	1,5	0,73	1,63	0,00	2,27	0,00	2,09	0,00	4,70	0,00	2,28	0,92	2,06
5	1,34	0,58	1,43	0,00	2,09	0,00	1,96	0,00	4,92	0,00	2,11	0,94	2,33
6	1,22	0,48	1,29	0,03	1,97	0,03	1,87	0,00	5,08	0,00	2,00	0,95	2,53
7	1,13	0,42	1,18	0,12	1,88	0,11	1,81	0,20	5,20	0,08	1,92	0,96	2,70
8	1,06	0,37	1,10	0,19	1,82	0,18	1,75	0,39	5,31	0,14	1,86	0,97	2,85
9	1,00	0,34	1,03	0,24	1,76	0,23	1,71	0,55	5,39	0,18	1,82	0,97	2,97
10	0,95	0,31	0,98	0,28	1,72	0,28	1,67	0,69	5,47	0,22	1,78	0,97	3,08

Контрольные карты индивидуальных значений

В некоторых ситуациях для управления процессами невозможно либо непрактично иметь дело с рациональными подгруппами. Время или стоимость, требуемые для измерения при одиночном наблюдении, столь велики, что проведение повторных наблюдений даже не рассматривают. Это обычно происходит, когда измерения дорогостоящие (например при разрушающем контроле) или выход продукции всё время относительно однороден. В других ситуациях нельзя получить более одного значения, например показание прибора или значение характеристики партии исходных материалов, поэтому приходится управлять процессом на основе индивидуальных значений.

При использовании карт индивидуальных значений рациональные подгруппы для обеспечения оценки изменчивости внутри партии не применяют и контрольные границы рассчитывают на основе меры вариации,

полученной по скользящим размахам обычно двух наблюдений. Скользящий размах - это абсолютное значение разности измерений в последовательных парах, т.е. разность первого и второго измерений, затем второго и третьего и т.д. На основе скользящих размахов вычисляют средний скользящий размах R , который используют для построения контрольных карт. Также по всем данным вычисляют общее среднее $X_{ср}$.

В таблице 1 и 2 приведены формулы расчёта контрольных границ для карт индивидуальных значений (стандартные значения не заданы и заданы).

Таблица 3

Формулы расчёта контрольных границ для карт индивидуальных значений
(стандартные значения не заданы)

Статистика	Центральная линия	UCL и LCL
Индивидуальное значение X	$X_{ср}$	$X_{ср} \pm E_2 * R_{ср}$
Скользящий размах R	R	$D_4 * R$, $D_3 * R_{ср}$
Примечания: 1. $R_{ср}$ обозначает среднее скользящего размаха из двух наблюдений ($n=2$). 2. значения коэффициентов d_2 , D_3 , D_4 , и косвенно $E_2=3/d_2$ можно получить из таблицы при $n=2$., следовательно они равны: $d_2=1,128$, $D_3=0$, $D_4=3,267$.		

Таблица 4

Формулы расчёта контрольных границ для карт индивидуальных значений
(стандартные значения заданы)

Статистика	Центральная линия	UCL и LCL
Индивидуальное значение X	X_0	$X_0 \pm 3 \cdot \sigma$
Скользящий размах R	R_0 или $d_2 \cdot \sigma$	$D_2 \cdot \sigma$, $D_1 \cdot \sigma$
Примечания: 1. X_0 , R_0 и σ обозначают стандартные значения 2. значения коэффициентов d_2 , D_1 , D_2 , можно получить из таблицы при $n=2$		

При использовании карт индивидуальных значений необходимо учитывать следующее:

- карты индивидуальных значений не столь чувствительны к изменениям процесса, как \bar{X} - и R -карты;
- при интерпретации карт индивидуальных значений следует проявлять осторожность, если распределение процесса не является нормальным;
- карты индивидуальных значений не оценивают повторяемость процесса от изделия к изделию, и поэтому в некоторых случаях лучше использовать обычные \bar{X} - и R -карты с малыми объёмами выборочных подгрупп (от 2 до 4), даже если это приведёт к увеличению интервала между подгруппами.

\bar{X} -карта показывает, где находится среднее процесса и какова его стабильность. Та же карта выявляет нежелательные вариации между подгруппами и вариации относительно их среднего. R -карта выявляет любую нежелательную вариацию внутри подгрупп и служит индикатором изменчивости исследуемого процесса. Это мера состоятельности и однородности процесса /1/.

К о н т р о л ь н ы е к а р т ы м е д и а н (Me)

Карты медиан — альтернатива \bar{X} - и R -картам для управления процессом с измеряемыми данными. Они обеспечивают аналогичные выводы и имеют определенные преимущества. Такие карты просты в применении и не требуют больших вычислений. Это может облегчить их внедрение в производство. Поскольку на карты наносят значения медиан наряду с индивидуальными значениями, карта медиан дает разброс результатов процесса и подробную картину вариаций.

Контрольные границы для карт медиан вычисляют двумя способами: посредством расчета медиан от медиан подгрупп и средних размахов. Последний способ проще и удобнее.

Карта медиан

Центральная линия равна Me (среднему от медиан подгрупп).

Верхняя контрольная граница: $UCL_{Me} = Me + A_4 \cdot R$

Нижняя контрольная граница: $LCL_{Me} = Me - A_4 \cdot R$

Коэффициент A_4 приведен в таблице 5.

Таблица 5

Значения коэффициента A_4 для карты медиан

n	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A_4	1,88	1,19	0,80	0,69	0,55	0,51	0,43	0,41	0,36

Следует отметить, что карта медиан с границами 3σ более медленно реагирует на выход процесса из состояния статистической управляемости, чем X -карта.

Карта размахов

Центральная линия равна R (среднему размахов для всех подгрупп).

Верхняя контрольная граница: $UCL_R = D_4 \cdot R$

Нижняя контрольная граница: $LCL_R = D_3 \cdot R$

Проверка структур на особые причины

Для интерпретации хода процесса по картам Шухарта существует набор из восьми дополнительных критериев, который схематически показан на рисунках 1-8.

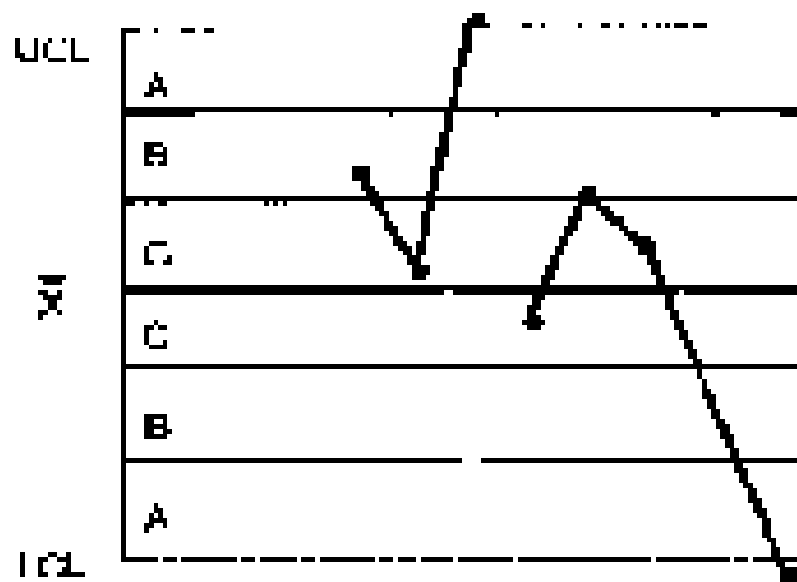


Рис. 1. Критерий 1 – одна точка вне зоны А

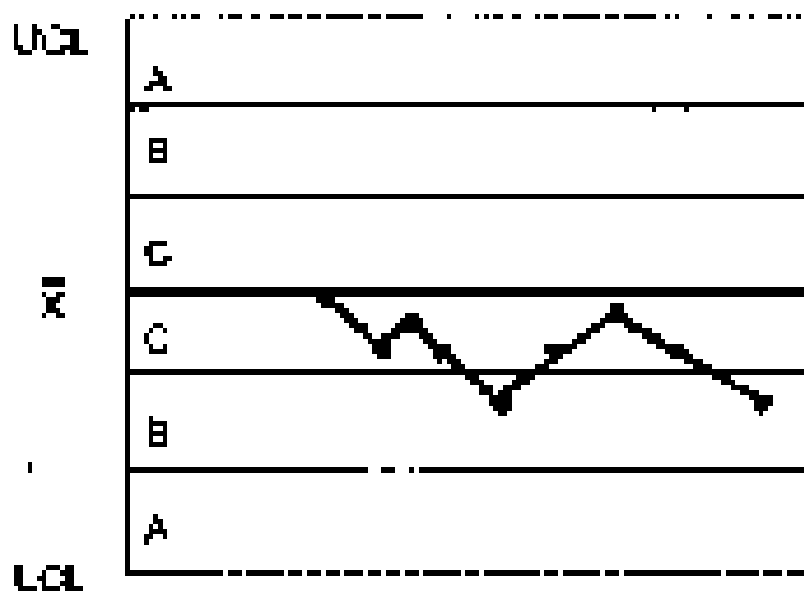


Рис. 2. Критерий 2 – девять точек подряд в зоне С или по одну сторону от центральной линии

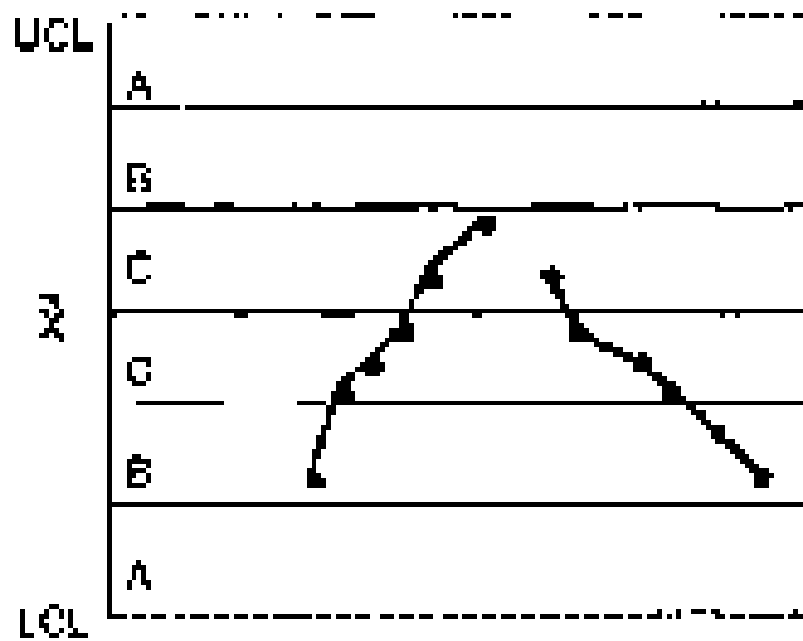


Рис. 3. Критерий 3 – шесть возрастающих или убывающих точек подряд

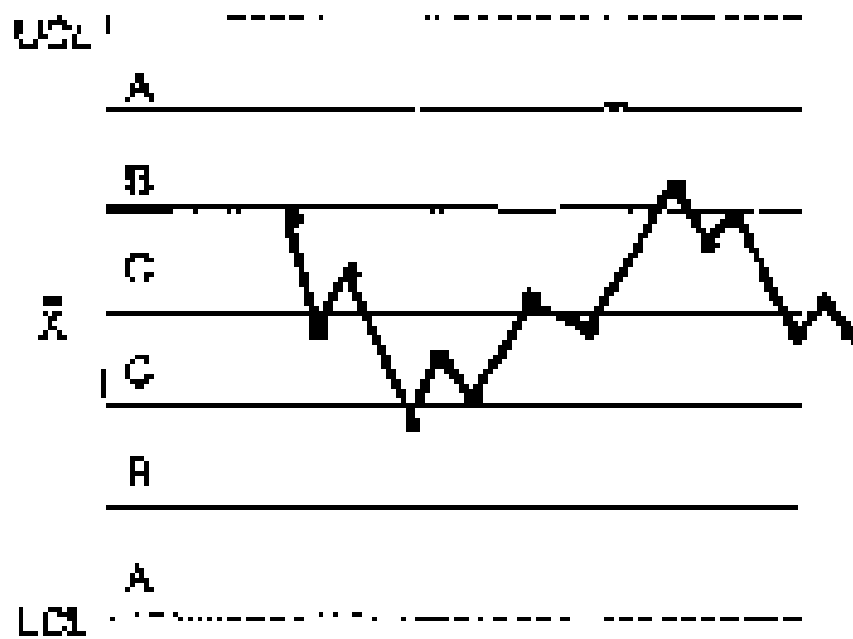


Рис. 4. Критерий 4 – четырнадцать попеременно убывающих и возрастающих точек

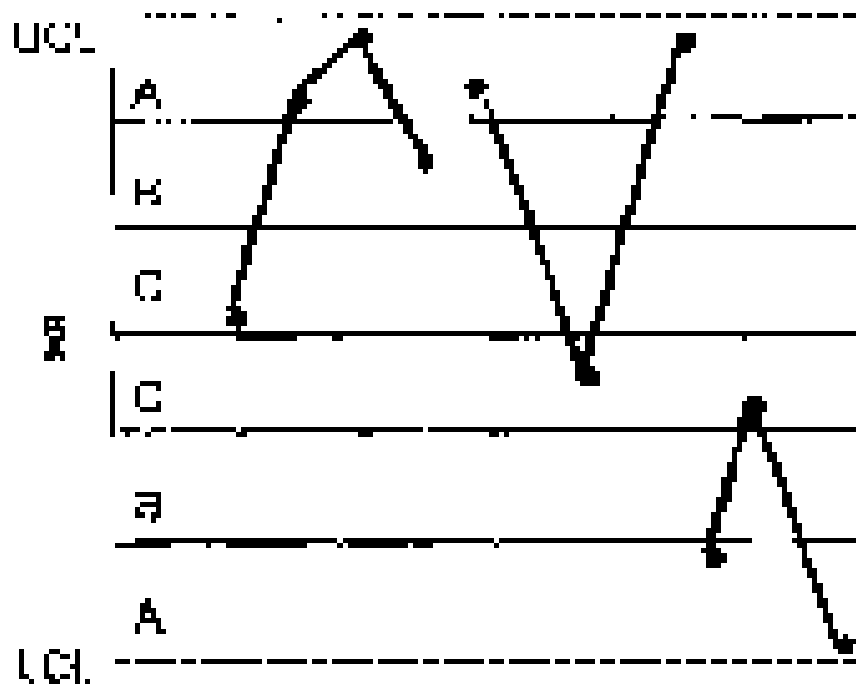


Рис. 5. Критерий 5 – две из трех последовательных точек в зоне А

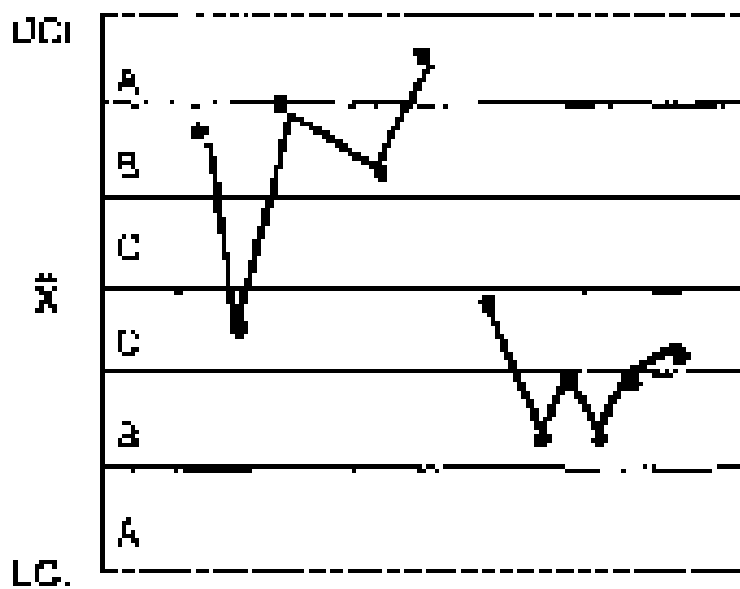


Рис. 6. Критерий 6 –четыре из пяти последовательных точек в зоне В или вне ее

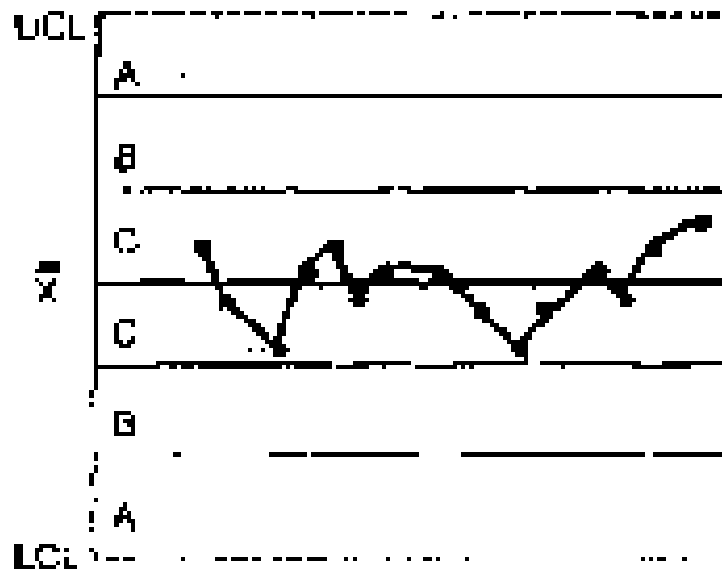


Рис. 7. Критерий 7 –пятнадцать последовательных точек в зоне С выше и ниже центральной линии

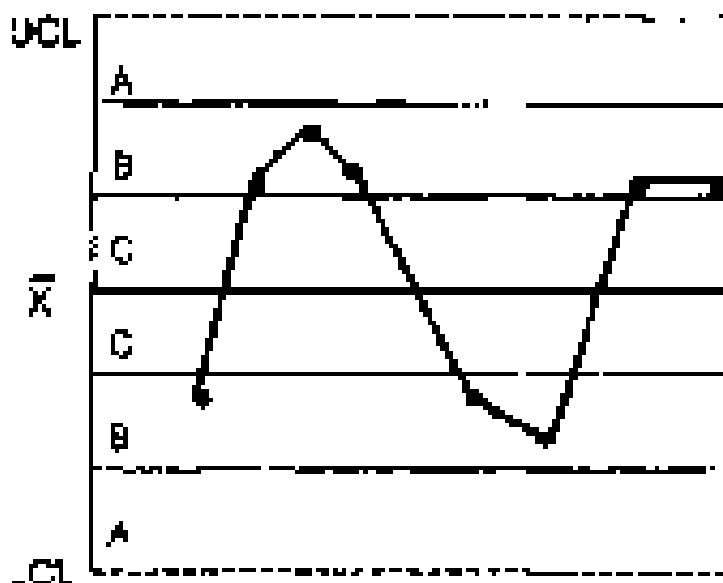


Рис. 8. Критерий 8 – восемь последовательных точек по обеим сторонам от центральной линии и ни одной в зоне С

Этот набор критериев можно принять за основу, но пользователи должны обращать внимание на любую необычную структуру точек, которая может указывать на проявление особых (неслучайных) причин. Поэтому эти критерии следует рассматривать только как примеры ситуаций, когда может

быть установлено проявление неслучайных причин. Появление любого из случаев, описанных в этих критериях, — указание на присутствие особых причин, которые должны быть проанализированы и скорректированы..

Верхняя и нижняя контрольные границы установлены на расстоянии 3σ над и под центральной линией. Для применения этих критериев контрольная карта делится на шесть равных зон шириной σ . Эти зоны обозначаются *A*, *B*, *C*, *C*, *B*, *A*, причем зоны расположены симметрично центральной линии. Данные критерии применимы к \bar{X} -картам и X -картам индивидуальных значений. Предполагается нормальное распределение соответственно \bar{X} и индивидуальных значений.

Метод управления и интерпретация контрольных карт для количественных данных

Система карт Шухарта опирается на следующее условие: если изменчивость процесса от единицы к единице и среднее процесса остаются постоянными на данных уровнях (оцененные по R и \bar{X}), то размахи R и средние \bar{X} отдельных групп будут меняться только случайным образом и редко выходить за контрольные границы. Не допускаются очевидные тренды или структуры данных, кроме возникающих случайно с некоторой долей вероятности.

\bar{X} -карта показывает, где находится среднее процесса и какова его стабильность. Та же карта выявляет нежелательные вариации между подгруппами и вариации относительно их среднего. R -карта выявляет любую нежелательную вариацию внутри подгрупп и служит индикатором изменчивости исследуемого процесса. Это мера состоятельности и однородности процесса. Если R -карта показывает, что вариации внутри подгрупп не изменяются, то это значит, что процесс остается в статистически управляемом состоянии. Такое происходит только в том случае, если все выборки обрабатывались одинаково. Если R -карта показывает, что процесс вышел из управляемого состояния или уровень на R -карте возрастает, то это может означать, что либо отдельные подгруппы

подверглись разной обработке, либо в процессе действует несколько различных систем причинно-следственных связей.

На X -карты также могут повлиять условия, при которых процесс вышел из состояния статистической управляемости по R -карте. Возможность интерпретировать размахи или средние подгрупп зависит от оценки изменчивости от единицы к единице, поэтому R -карту необходимо анализировать первой. Процедура управления приведена в пунктах А-Ж.

А) Собирают и анализируют данные, вычисляют средние и размахи.

Б) Строят R -карту. Сопоставляют нанесенные точки размахов с контрольными границами, выделяют точки вне границ, необычные структуры или тренды. Для каждого сигнала о наличии неслучайной причины в значениях размаха проводят анализ операций процесса, чтобы определить причину. Проводят корректирующие действия и действия по предотвращению повторения данной причины.

В) Исключают все подгруппы, на которые повлияла неслучайная причина, затем пересчитывают и наносят на карту новые средний размах R и контрольные границы. Необходимо получить подтверждение того, что все точки размахов при сравнении с новыми границами указывают на статистическую управляемость. Если требуется, повторяют последовательность действий «идентификация — корректировка — пересчет».

Г) Если некоторые подгруппы исключены из R -карты из-за выявленных особых причин, их надо исключить из X -карты. Пересмотренные значения R и X для пересчета пробных контрольных границ для средних. **Примечание:** исключение подгрупп, представляющих причину выхода процесса из состояния статистической управляемости, это не «исключение плохих данных». Скорее, здесь исключаются точки, на которые повлияли известные неслучайные причины, и мы получаем лучшую оценку основного уровня изменчивости из-за случайных причин. Это дает наиболее подходящую основу для контрольных

границ, применение которых позволяет наиболее эффективным образом обнаруживать будущие проявления неслучайных причин вариаций.

Д) Когда размахи находятся в статистически управляемом состоянии, разброс процесса (отклонения внутри подгрупп) считается стабильным. В этом случае можно проанализировать средние, чтобы увидеть, меняется ли со временем среднее положение процесса.

Е) Теперь строят X -карту и сравнивают точки с контрольными границами. Выделяют точки вне границ, необычные структуры точек или тренды. Также как и для R -карты необходимо анализировать любое из состояний статистической неуправляемости и проводить корректирующие и превентивные меры. Надо исключить точки, которые характеризуют это состояние и для которых были найдены неслучайные причины.

Повторно вычисляют и наносят на график новое среднее процесса (X) и контрольные границы. Проверяют, чтобы, по сравнению с новыми границами, все точки демонстрировали статистически управляемое состояние, при необходимости возобновляя последовательные действия: «идентификация — корректировка — пересчет».

Ж) Если исходные данные для установления эталонных значений контрольных границ располагаются устойчиво внутри пробных пределов, расширяют границы, чтобы охватить будущие данные. Исполнители (оператор или (и) мастер) должны пользоваться этими границами для последующего управления процессом, реагировать на сигналы о выходе процесса из управляемого состояния на любой из X и R карт и выполнять надлежащие действия.

Управление процессом и возможности процесса

Назначение системы управления процессом состоит в получении статистического сигнала о наличии особых (неслучайных) причин вариаций. Систематическое устранение особых причин избыточной изменчивости приводит процесс в состояние статистической управляе-

мости. Если процесс находится в статистически управляемом состоянии, качество продукции предсказуемо, и процесс пригоден для удовлетворения требований, установленных в нормативных документах.

Возможности процесса определяются полной изменчивостью (разбросом процесса), обусловленной обычными причинами, т. е. минимальной изменчивостью, которая остается после устранения всех неслучайных причин. Возможности процесса представляют показатели самого процесса в статистически управляемом состоянии. Процесс сначала приводят в такое состояние, а затем определяют его возможности. Таким образом, определение возможностей процесса начинается после того, как задачи управления по \bar{X} - и R-картам решены, т. е. особые причины выявлены, проанализированы, скорректированы и их повторение предотвращено. Текущие контрольные карты должны демонстрировать сохранение процесса в статистически управляемом состоянии, по крайней мере, для 25 подгрупп. Далее разброс данных на выходе процесса сравнивается с техническими требованиями для подтверждения того, что эти требования могут быть уверенно выполнены.

В общем случае возможности процесса определяют индексом возможностей процесса PCI (C_p) :

$$PCI = \frac{\text{допуск}}{\text{разброс процесса}} = \frac{UTL - LTL}{6\hat{\sigma}}, \quad \text{или} \quad \bar{S}/c_4$$

где UTL — верхнее предельно допустимое значение контролируемого параметра; LTL — нижнее предельно допустимое значение контролируемого параметра; $\hat{\sigma}$ — оценивают по средней изменчивости внутри подгрупп и выражают как

$$\hat{\sigma} = R/d_2$$

При PCI меньше 1 возможности процесса неприемлемы, а при PCI равном 1, процесс находится на грани требуемых возможностей. На практике в качестве минимально приемлемого значения берется PCI = 1,33, поскольку

всегда есть некоторые вариации в выборках, и нет процессов, которые всегда находятся в статистически управляемом состоянии.

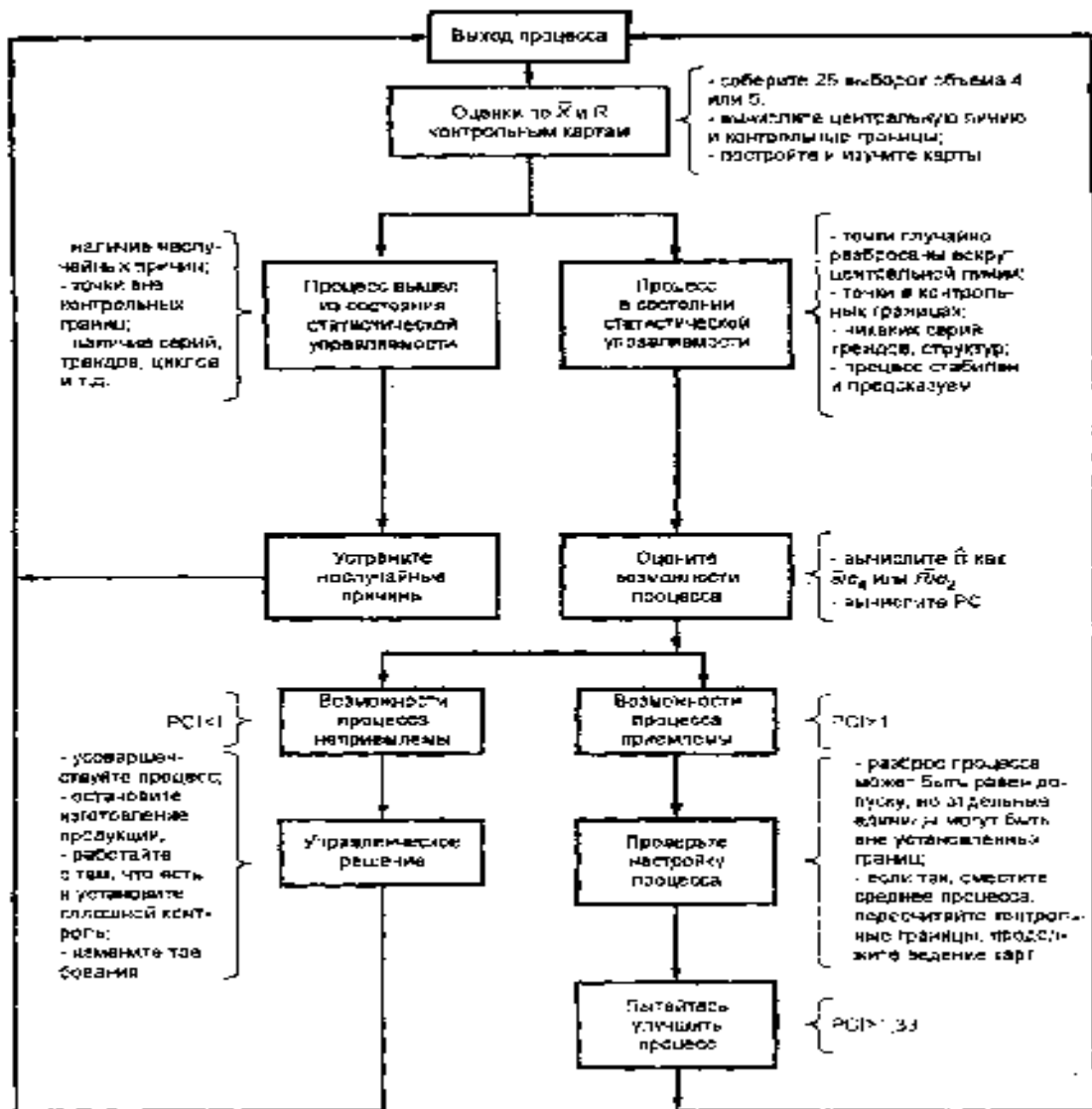


Рис. 9. Процедура управления процессом

Следует отметить, что РСI измеряет только отношение разброса процесса и допуска, а положение или центрирование процесса не учитывается. При высоких значениях РСI все-таки возможен выход доли значений за установленные пределы. Поэтому важно также оценивать расстояние между средним процесса и ближайшим предельно допустимым значением. Дальнейшее обсуждение этого вопроса выходит за рамки данного стандарта.

В качестве руководства к действию можно использовать процедуру, схематически представленную на рисунке 9.

Контрольные карты для альтернативных данных

Альтернативные данные представляют собой наблюдения, фиксирующие наличие или отсутствие некоторых характеристик (или признаков) у каждой единицы рассматриваемой подгруппы. На основе этих данных производится подсчет числа единиц, обладающих или не обладающих данным признаком, или число таких событий в единице продукции, группе или области. Альтернативные данные в общем случае могут быть получены быстро и дешево, для сбора их не требуется специального обучения. В таблице 6 приведены формулы контрольных границ для контрольных карт, использующих альтернативные данные.

Т а б л и ц а 6

Формулы контрольных границ карт Шухарта для альтернативных данных

Статистика	Стандартные значения не заданы		Стандартные значения заданы	
p	p	$p \pm 3 \cdot \sqrt{\frac{p \cdot (1-p)}{n}}$	p ₀	$p_0 \pm 3 \cdot \sqrt{\frac{p_0 \cdot (1-p_0)}{n}}$
np	np	$np \pm 3 \cdot \sqrt{np \cdot (1-p)}$	np ₀	$np_0 \pm 3 \cdot \sqrt{np_0 \cdot (1-p_0)}$
c	c	$c \pm 3 \cdot \sqrt{c}$	c ₀	$c_0 \pm 3 \cdot \sqrt{c_0}$
u	u	$u \pm 3 \cdot \sqrt{\frac{u}{n}}$	u ₀	$u_0 \pm 3 \cdot \sqrt{\frac{u_0}{n}}$
Примечание: p ₀ , np ₀ , c ₀ , u ₀ - стандартные значения, p, np, c, u- средние арифметические				

В случае контрольных карт для количественных данных принято ведение пары контрольных карт: для управления средним и управления рассеянием, так как исходное распределение предполагается нормальным и зависит от этих двух параметров. При использовании контрольных карт для

альтернативных данных достаточно одной карты, так как предполагаемое распределение имеет только один независимый параметр — средний уровень. p -карты и np -карты основаны на биномиальном распределении, а c -карты и u -карты — на распределении Пуассона.

Расчеты для этих карт одинаковы, за исключением случаев непостоянства объема подгрупп. Когда объем подгрупп постоянен, для каждой подгруппы могут быть выбраны одни и те же контрольные границы. Если число контролируемых единиц в каждой подгруппе различно, должны быть рассчитаны контрольные границы отдельно для каждого объема подгруппы. Таким образом, np - и c -карты могут быть применены при постоянном объеме подгруппы, а p - и u -карты — в любой ситуации.

Когда объем подгруппы изменяется от выборки к выборке, для каждой подгруппы рассчитывают свои контрольные границы, при этом чем меньше объем подгруппы, тем шире полоса между этими границами, и наоборот. Если объем подгрупп меняется несущественно, то можно ограничиться одним набором контрольных границ, основанным на среднем объеме подгруппы. Для практических целей достаточно, если объемы подгрупп находятся в пределах $\pm 25\%$ целевого объема подгруппы.

Альтернативная процедура для ситуаций, в которых объем подгруппы, меняется существенно, использование нормированных переменных.

$$z = \frac{p - p_0}{\sqrt{\frac{p_0(1-p_0)}{n}}} \quad \text{или} \quad z = \frac{p - \bar{p}}{\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}}}$$

в зависимости от того, установлено или нет стандартное значение для p . Центральная линия и контрольные границы остаются постоянными независимо от объема подгруппы и выражаются следующим образом:

$$\text{центральная линия равна } 0 \quad UCL = 3, \quad TCL = -3$$

Обычно p -карту используют для определения среднего процента несоответствующих единиц, обнаруженных за определенный период

времени. Она привлекает внимание персонала процесса и управляющих к любым изменениям этого среднего. Процесс признается находящимся в состоянии статистической управляемости так же, как и при использовании \bar{X} - и R -карт. Если все выборочные точки ложатся внутри пробных контрольных границ без выбросов, указывающих на наличие особых причин, то о процессе можно сделать заключение, что он управляем. В этом случае средняя доля несоответствующих p единиц берется как стандартное значение для доли несоответствующих единиц p_0 .

**u-Карта. Число несоответствий на единицу
продукции**

На заводе по производству шин каждые полчаса контролировали 15 шин и записывали общее число несоответствий и их число на единицу. Было решено применить u-карту для числа несоответствий на единицу, чтобы определить состояние процесса. Данные приведены в таблице 7.

Таблица 7

Завод по производству шин. Число несоответствий на единицу (единицы проверялись по 14 подгруппам, объемом $n = 15$ каждая)

Номер под- группы	Число несоответ- ствий	Число несо- ответствий на единицу	Номер под- группы	Число несоответ- ствий	Число несо- ответствий на единицу
1	4	0,27	9	2	0,13
2	5	0,33	10	4	0,27
3	3	0,20	11	7	0,47
4	6	0,40	12	5	0,33
5	2	0,13	13	2	0,13
6	1	0,07	14	3	0,20
7	5	0,33	Всего	55	
8	6	0,40			

Данные и контрольные линии приведены на контрольной карте рисунок 10. Процесс находится в состоянии статистической управляемости.

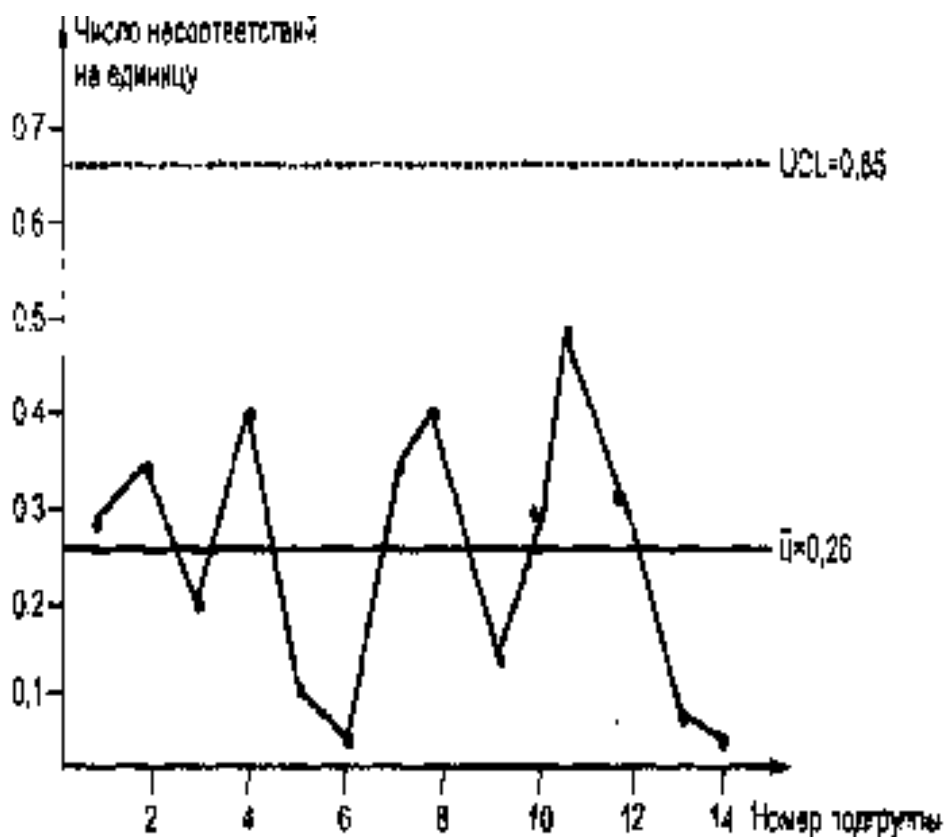


Рис. 10. u-карта процесса производства шин.

Примеры формирования рациональных подгрупп

Основная задача контрольных карт Шухарта — выявление особых причин изменчивости в ходе технологического процесса за анализируемый период. Для обнаружения признаков особых причин сопоставляют изменчивость внутри подгрупп с изменчивостью между подгруппами. При этом границы оценки изменчивости (контрольные границы) рассчитывают только на основе изменчивости внутри подгруппы. Предполагается, что изменчивость внутри подгрупп обуславливается обычными причинами, а между подгруппами — особыми причинами.

Таким образом, способ формирования подгрупп существенно влияет на интерпретацию получаемых результатов. Именно возможность группирования данных для анализа различными способами привела к различию понятий «выборка» и «рациональная подгруппа».

В ряде ситуаций, например, когда есть только одна единица оборудования, один оператор и т. п., понятие «рациональная подгруппа» и «выборка» могут совпадать.

Если же для каждого результата процесса (измерения параметра продукции) регистрируют еще ряд факторов (номер единицы оборудования много потокового технологического процесса, фамилия оператора или наладчика, номер цикла и т. п.), то при наличии одной выборки из процесса возможны несколько способов формирования рациональных подгрупп (например по единицам оборудования, по операторам или номерам цикла).

При этом интерпретация результатов анализа контрольных карт должна обязательно учитывать использованный способ формирования рациональных подгрупп.

Т а б л и ц а 8

Данные одной часовой выборки (отклонение размера детали от номинального значения) в микрометрах

Номер шпинделя	Цикл работы станка				
	А	Б	В	Г	Д
1	9	14	16	14	18
2	12	14	12	16	16
3	10	12	12	10	11
4	12	14	12	10	16

В таблице 8 приведен пример данных из технологического процесса параллельной обработки заготовок на несколько одностипных единицах оборудования (многошпиндельный станок) с регистрацией дополнительных факторов технологического процесса (номер шпинделя, цикл работы оборудования, время взятия выборки).

Каждый час отбирают выборку, формируемую из одной единицы продукции от каждого из четырех шпинделей при каждом из пяти циклов работы станка: А, Б, В, Г, Д.

Пример данных (отклонение размера детали от номинала в микрометрах) одной часовой выборки из 20 последовательных изделий с указанием дополнительных факторов приведен в таблице 8.

Приведенные выборки при разных способах формирования рациональных подгрупп будут отражать разные источники изменчивости, в данном случае их три.

Способ 1. При формировании рациональных подгрупп из данных по столбцам каждой выборки внутри- групповая изменчивость будет отражать изменчивость между шпинделями станка (получим 80 подгрупп по 4 единицы в каждой), а межгрупповая изменчивость — изменчивость от цикла к циклу.

Способ 2. При формировании рациональных подгрупп из данных по строкам получим 4 набора подгрупп для каждого шпинделя (20 подгрупп по 5 единиц в каждой). В этом случае внутри групповая изменчивость будет отражать изменчивость от цикла к циклу для каждого шпинделя, а межгрупповая изменчивость — изменчивость от часа к часу.

Способ 3. При формировании подгрупп из 20 единиц продукции от всех шпинделей и всех циклов за один час внутригрупповая изменчивость будет объединять изменчивость между всеми шпинделями и циклами, а межгрупповая изменчивость будет отражать изменчивость между последовательными часами (получим 20 подгрупп по 20 единиц продукции в каждой).

Таким образом, при одном способе взятия выборок получаем три способа формирования рациональных подгрупп и три способа интерпретации, получаемых для контрольных карт.

1.3. Контрольная карта кумулятивных сумм (КУСУМ- карта)

Контрольная карта кумулятивных сумм (КУСУМ- карта) - информативное графическое представление данных, которые упорядочены в логической последовательности. Для расчета значений кумулятивных сумм используют случайные переменные или их функции. Часто их порядок соответствует порядку проведения наблюдений во времени.

КУСУМ- карта предназначена для проверки процесса на отклонение чаще всего от среднего арифметического значения (далее - среднего), равного некоторому опорному значению. Опорное значение часто называют целевым значением или целью. Для более сложных процедур КУСУМ эти два понятия - целевое и опорное значения - следует различать. Из каждого полученного значения показателя качества вычитают опорное значение и получают значения кумулятивных сумм этих разностей, которые наносят на карту.

На такой карте интерес представляют не абсолютные значения сумм, а угол наклона графика, определяемый по последовательным точкам. Именно угол наклона так называемых "локальных средних" служит мерой изменения случайной величины. Если локальное среднее серии наблюдений более целевого значения, то кривая наклонена вверх, если менее - вниз. Чем больше угол наклона линии, представляющей локальное среднее по отношению к целевому значению, тем больше отклонение данных от опорного значения.

КУСУМ- карты являются одним из распространенных статистических методов обнаружения изменения показателя качества и установления причин этого изменения /9/.

Основные положения

1. Метод кумулятивных сумм служит визуальным средством обнаружения изменения показателя качества и последующего установления причин этого изменения.

2. Основные требования по применению КУСУМ- карт следующие:

а) результаты наблюдения должны быть получены в такой форме, чтобы любая численная разность между двумя значениями переменной имела одинаковую размерность по всему диапазону данного показателя;

б) последовательность точек на карте должна подчиняться логике, основанной на нормальной работе процесса. Наблюдения могут быть проведены последовательно во времени или в порядке поступления единиц продукции, образуя естественную последовательность, например, наблюдение за показателем качества продукции или управлением процесса, а также упорядочены согласно значениям некоторой вспомогательной переменной. Тогда КУСУМ- карта - это метод исследования соотношений между значениями переменных/9/.

Требования к данным

КУСУМ- карты строят, используя два основных типа данных: количественные и альтернативные .

Количественные данные - это результат наблюдений, проводимых с помощью измерения и записи численных значений данного показателя качества, рассматриваемых единиц выборки, что предполагает некоторую непрерывную шкалу для этого показателя.

Альтернативные данные - это результаты наблюдений наличия (или отсутствия) определенного признака или атрибута для каждой рассматриваемой единицы выборки и подсчета числа единиц выборки, имеющих (или не имеющих) данный признак, или числа таких признаков, имеющих в единице продукции, группе, на данной площади, в данном объеме или выборке.

Примечание - КУСУМ- карты на практике в основном применяют для количественных данных/9/.

Цель построения контрольной карты

При построении контрольной карты следует определить цель. На основе этого можно осуществлять мониторинг и проводить анализ предыдущих данных процесса/9/:

а) при мониторинге: целью построения контрольной карты может быть отслеживание поведения серии наблюдений относительно некоторого установленного или стандартного опорного значения, как при процедурах управления качеством. При этом каждый раз средние уровни всех рассматриваемых интервалов сравнивают с опорным значением. Правила принятия решения при мониторинге приведены в разделе 6;

б) при анализе предыдущих данных: целью построения контрольной карты может быть изучение накопленных данных в результате наблюдений, сгруппированных некоторым логическим образом, для обнаружения любых различий между группами точек. При этом рассматривают различия между соседними интервалами, которые могут служить предварительными данными для определения последующих интервалов; формального стандартного или опорного значения здесь нет. В основном, базой для выбора интервалов и оценивания точек, в которых происходят изменения, является вид самой КУСУМ- карты /9/.

Правила принятия решений применяют в зависимости от установленной цели, они основаны на:

- простом принятии решений, основанном на логике при визуальном контроле (по графику или по табличным данным);
- выборе интервала решения с использованием такой характеристики, как средняя длина серии выборок (ARL);
- масках (полной V-маски, усеченной V-маски, параллельной маски и др.);
- критерии "перекрытий", основанном на построении на КУСУМ- карте /9/.

Построение контрольных карт кумулятивных сумм начинают с установления T – опорного значения и σ – стандартного отклонения. Каждое последующее наблюдение приводит к разности значения наблюдаемой

переменной и опорного значения. Значения разностей суммируют, образуя кумулятивные суммы C_i по формуле

$$C_i = \sum_{r=1}^i (y_r - T)$$

где: y_r - значение наблюдаемой переменной;

T - опорное (или целевое) значение;

i - номер выборки.

Кумулятивные суммы C_r для отклонений размаха R_r двух последовательных пар наблюдений от его математического ожидания $E\{R_r\}$ могут быть рассчитаны по следующей формуле:

$$C_r = \sum_{r=1}^i [R_r - E\{R_r\}]$$

Значения кумулятивных сумм C_i и C_r откладывают на оси ординат в зависимости от текущего номера наблюдений $i(r)$, который принимает последовательные целые значения $r=i=0, 1, 2, \dots$ (0 - начало координат). Устанавливают масштаб A вертикальной оси; по горизонтальной оси один интервал соответствует значению A по шкале кумулятивных сумм (КУСУМ). Этот масштаб может быть выражен как кратное оценки стандартного отклонения наносимых значений σ . Широко применяют соотношение размера единицы шкалы КУСУМ примерно в $2\hat{\sigma}$ на один интервал выборки, то есть $A=2\sigma$.

Основное правило принятия решений заключается в построении на КУСУМ- карте V-маски и определении значимых изменений при выходе точек кривой КУСУМ за линии V-маски. Существуют три различных формы масок, они идентичны по принципу построения и действию: полная V-маска, усеченная V-маска и параллельная маска. Наиболее распространенная из них - усеченная V-маска.

Схематическое изображение усеченной V-маски или шаблона V-маски приведено на рисунке 11. Отрезки AB и AC называют интервалами решений и обозначают H , а линии BD , CE – разрешающими линиями.

Обозначения:
 $H=AB=AC=5\sigma$ -
 интервалы решений;
 $2H=DF=FE=10\sigma$
 $d = 10$ - число
 выборочных интервалов;
 CE и BD -
 разрешающие линии

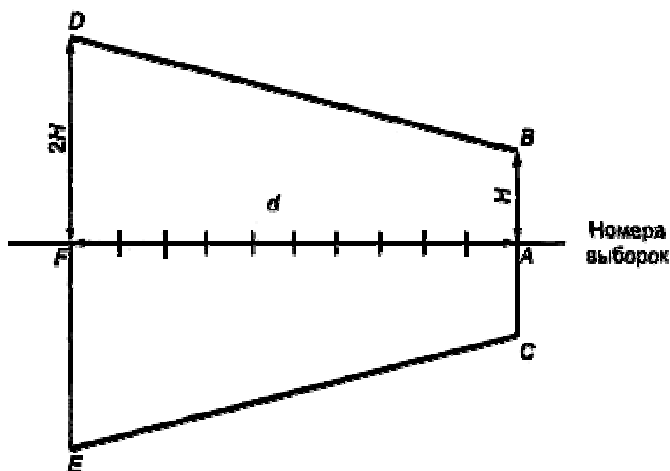


Рис. 11. Усеченная V-маска КУСУМ- карты и основные пропорции для нее

1.4. Контрольные карты арифметического среднего с предупреждающими границами

Статистическое управление процессом предусматривает использование контрольных карт для арифметического среднего с предупреждающими границами, которые являются модификацией контрольных карт Шухарта /10/.

Контрольные карты для арифметических средних с предупреждающими границами отличаются высокой чувствительностью к сдвигам уровня процесса.

Эти контрольные карты позволяют фиксировать даже самые небольшие сдвиги уровня процесса на основе дополнительной информации, получаемой от точек, попавших в предупреждающую зону. При этом сохраняется возможность определения резких крупных сдвигов в уровне процесса, когда выборочные средние арифметические выходят за пределы границ регулирования. По сравнению с контрольными картами Шухарта предлагаемые контрольные карты более чувствительны к незначительным и

медленно формирующимся ухудшениям уровня процесса (таким, как сдвиги, не превышающие $2,5 \sigma/\sqrt{n}$, где σ - стандартное отклонение контролируемого параметра и n - объем выборки) /10/.

Описание метода

1) статистическое управление процессом осуществляют с использованием контрольных карт для арифметического среднего с предупреждающими границами.

Контрольная карта – это графическое отражение состояния процесса, его уровня и изменчивости. Текущие выборочные значения X наносят на контрольные карты /10/.

2) Контрольная карта для арифметического среднего с предупреждающими границами имеет целевую (центральную) линию процесса, соответствующую центру поля допуска контролируемого параметра. Эта линия соответствует значению μ_0 , предупреждающие границы – значениями $\mu_0 \pm B_2 \sigma/\sqrt{n}$, а границы регулирования- значениям $\mu_0 \pm B_1 \sigma/\sqrt{n}$, где n - объем выборки. Предполагают, что значения индивидуальных измерений контролируемого параметра, используемые для вычисления $X_{ср}$, статистически независимы.

B_1 и B_2 –коэффициенты, определяющие расположение границ регулирования и предупреждающих границ на контрольных картах /10/.

3) Контрольная карта может быть нанесена на бланке, на световом табло, приведена в памяти компьютера или представлена в другой удобной форме.

4) Контрольные карты должны находиться как можно ближе к рабочим местам; ввод данных и построение графиков должны быть осуществлены чисто и подробно /10/.

5) Необходимо подготовить стандартные рабочие процедуры для определения подготовки и использования контрольных карт как метода измерения изменчивости процесса . Данные по мере их получения должны быть своевременно нанесены на контрольную карту.

б) Контрольные карты для арифметического среднего с предупреждающими границами могут быть использованы для процессов как с односторонним, так и с двусторонним критериями. Однако обычно используют односторонний критерий /10/.

а) В случае, когда процесс находится в статистически управляемом состоянии и имеет двусторонний критерий, выделяют пять зон качества (рисунок 12):

A ₊	$\mu_0 + B_1 \sigma / \sqrt{n}$	Верхняя граница регулирования
W ₊	$\mu_0 + B_2 \sigma / \sqrt{n}$	Верхняя предупреждающая граница
T	μ_0	Центральная линия
	$\mu_0 - B_2 \sigma / \sqrt{n}$	Нижняя предупреждающая граница
W ₋	$\mu_0 - B_1 \sigma / \sqrt{n}$	Нижняя граница регулирования
A ₋		

Рис. 12. Зоны качества для статистического управления процессом с двухсторонним критерием

- зону T (целевую): выборочное среднее арифметическое находится между верхней и нижней предупреждающими границами;
- зоны W₋ и W₊ (предупреждающие): выборочное среднее арифметическое находится соответственно между верхней предупреждающей границей и верхней границей регулирования или между нижней предупреждающей границей и нижней границей регулирования;
- зоны A₊ и A₋ (критические) : выборочное среднее арифметическое находится соответственно выше верхней или нижней границ регулирования /10/.

б) В случае, когда процесс находится в статистически управляемом состоянии и имеет односторонний критерий, выделяют три зоны качества (рисунки 12 и 13) /10/:

- зону Т (целевую): выборочное среднее арифметическое находится ниже верхней или выше нижней предупреждающих границ в зависимости от конкретного случая;
- зона W (предупреждающую): выборочное среднее арифметическое находится между предупреждающей границей и границей регулирования;
- зона А (критическую): выборочное среднее арифметическое находится за пределами границы регулирования.

На рисунке 13 рассмотрен случай, когда нежелательный сдвиг уровня процесса связан с его возрастанием.

A ₊	
W ₊	$\mu_0 + B_1 \sigma / \sqrt{n}$ Верхняя граница регулирования
Т	$\mu_0 + B_2 \sigma / \sqrt{n}$ Верхняя предупреждающая граница
	μ_0 Центральная линия

Рис. 13. Зоны качества для статистического управления процессом с односторонним критерием –верхние границы

На рисунке 14 рассмотрен случай, когда нежелательный сдвиг уровня процесса связан с его убыванием.

7) Выборочное среднее арифметическое наносят на контрольную карту с предупреждающими границами следующим образом: для каждой выборки на контрольную карту наносят точку с указанием времени или порядкового номера в качестве абсциссы и соответствующего значения \bar{X}_{sr} – в качестве ординаты /10/.

	μ_0	Центральная линия
T	$\mu_0 - B_2 \sigma / \sqrt{n}$	Нижняя предупреждающая граница
W ₋	$\mu_0 - B_1 \sigma / \sqrt{n}$	Нижняя граница регулирования
A ₋		

Рис. 14. Зоны качества для статистического управления процессом с односторонним критерием – нижние границы

Статистическое управление качеством с помощью контрольной карты арифметического среднего с предупреждающими границами:

- 1) если хотя бы одна точка попала в верхнюю критическую зону A_+ или в нижнюю критическую зону A_- , то это сигнал о выходе процесса из-под контроля. При получении такого сигнала должна быть определена и устранена причина выхода процесса из статистически управляемого состояния.
- 2) Если установленное количество последовательных точек K попадает в одну из предупреждающих зон – верхнюю W_+ или нижнюю W_- , то это служит сигналом о выходе процесса из-под контроля и необходимости корректировки /10/.

Контрольные карты арифметического среднего с предупреждающими границами могут быть использованы для процессов как с односторонним, так и с двусторонним критериями.

а) В случае, когда процесс находится в статистически управляемом состоянии и имеет двусторонний критерий, выделяют пять зон качества:

- зону T (целевую): выборочное среднее арифметическое находится между верхней и нижней предупреждающими границами;
- зоны W_- и W_+ (предупреждающие): выборочное среднее арифметическое находится соответственно между верхней предупреждающей границей и верхней границей регулирования или

между нижней предупреждающей границей и нижней границей регулирования;

- зоны A_+ и A_- (критические) : выборочное среднее арифметическое находится соответственно выше верхней или нижней границ регулирования.

На основе исходных данных строим контрольную карту арифметического среднего с предупреждающими границами для двустороннего критерия. Она имеет центральную линию процесса, которая равна центру поля допуска контролируемого параметра $CL=\mu_0$; верхнюю и нижнюю предупреждающие границы, которые равны $\mu_0 \pm B_2\sigma/\sqrt{n}$ и верхнюю и нижнюю границы регулирования, которые равны $\mu_0 \pm B_1\sigma/\sqrt{n}$, где n – объём выборки.

Так как у нас контрольные карты для индивидуальных значений, то $n=1$.

B_1 и B_2 – коэффициенты, определяющие расположение границ регулирования и предупреждающих границ на контрольной карте. Значения коэффициентов B_1 и B_2 приведены в таблице 4 /10/.

Чтобы воспользоваться этой таблицей, нужно определить ARL – среднее число выборок, которые будут извлечены до получения сигнала о неуправляемом состоянии процесса. В соответствии с таблицей $ARL=22,5$ наиболее подходит к нашему случаю. Следовательно, из таблицы мы можем определить следующие величины:

$K=2$ – количество последовательных точек, которое попадает в одну из предупреждающих зон, что служит сигналом о выходе процесса из статистически управляемого состояния.

Значения коэффициентов: т.к. процесс находится в статистически управляемом состоянии то значение коэффициента B_1 следует брать в строке $\delta\sqrt{n}=0$. Из таблицы $B_1=3,25$ и $B_2=1,0$.

б) В случае, когда процесс находится в статистически управляемом состоянии и имеет односторонний критерий, выделяют три зоны качества

- зону Т (целевую): выборочное среднее арифметическое находится ниже верхней или выше нижней предупреждающих границ в зависимости от конкретного случая;
- зона W (предупреждающую): выборочное среднее арифметическое находится между предупреждающей границей и границей регулирования;
- зона А (критическую) : выборочное среднее арифметическое находится за пределами границы регулирования.

Так как у нас контрольные карты для индивидуальных значений, то $n=1$.

B_1 и B_2 – коэффициенты, определяющие расположение границ регулирования и предупреждающих границ на контрольной карте. Значения коэффициентов B_1 и B_2 приведены в таблице 8 /10/.

Чтобы воспользоваться этой таблицей нужно определить ARL – среднее число выборок, которые будут извлечены до получения сигнала о неуправляемом состоянии процесса. В соответствии с таблицей $ARL=41,3$ наиболее подходит к нашему случаю. Следовательно, из таблицы мы можем определить следующие величины:

$K=2$ – количество последовательных точек, которое попадает в одну из предупреждающих зон, что служит сигналом о выходе процесса из статистически управляемого состояния.

Значения коэффициентов: так как процесс находится в статистически управляемом состоянии то значение коэффициента B_1 следует брать в строке $\delta\sqrt{n}=0$. Из таблицы 8 $B_1=2,75$ и $B_2=1,0$

Для двустороннего критерия следует использовать таблицы 8-11. Для процесса в статистически управляемом состоянии значения ARL, равные L_0 , определяют из таблицы 11 в строке $\delta\sqrt{n} = 0$. Для процесса в статистически неуправляемом состоянии значения ARL, равные L_1 , определяют по таблице 11 при $\delta\sqrt{n} < 1$ и по таблицам 8-10 при $\delta\sqrt{n} \geq 1$, так как для $\delta\sqrt{n} \geq 1$ значения ARL для двустороннего критерия совпадают со значениями ARL, для одностороннего критерия (таблица 8),

Для значений $\delta\sqrt{n}$ отсутствующих в таблицах 8-11, соответствующие значения L_1 получают путем линейной интерполяции.

Объем выборки n влияет на кривые ARL также, как и параметры μ_0 , μ_1 , $\mu_1 - \mu_0$. Причем для того же самого числа наблюдений или измерений можно разработать контрольную карту с длительным периодом взятия выборок t и малым объемом выборок n или наоборот.

В каждом практическом случае различные экспериментальные комбинации n и t должны быть тщательно проанализированы при построении КК и определении окончательных значений параметров L_0 и L_1 . Контрольная карта с окончательными значениями L_0 и L_1 должна быть оценена с учетом прошедшего протекания процесса.

В большинстве случаев предварительный выборочный план (n, t) может служить в качестве базовой пробной комбинации. Другие пробные значения можно сравнить с ним путем сопоставления получающихся значений L_0 и L_1 и затрат.

Таблицы 8-11 предназначены для выбора планов статистического управления процессом.

Если значения δ и n так же, как L_0 и L_1 (и ограничения для них) определены заранее, то значения параметров B_1 , B_2 и K могут быть найдены по значениям $\delta\sqrt{n}$ из таблиц 8-11 (с интерполяцией в случае необходимости) (Б.2).

Если есть несколько планов статистического управления процессом, удовлетворяющих установленным требованиям, то из них необходимо выбрать план, обеспечивающий максимум отношения L_0 / L_1 . Если значение отношения L_0 / L_1 высокое (больше или равно 40) для нескольких планов, то рекомендуется выбрать вариант с наименьшим значением L_1 .

Если объем выборки n предварительно не указан, то его возможное значение может быть найдено по таблицам 8-11. Для этого выбирают сначала те колонки в таблицах 8-11, для которых значение L_0 удовлетворяет заданным ограничениям, а затем первое число, меньшее или равное

заданному значению L_1 . После этого из соответствующего значения $\delta\sqrt{n}$ при известном δ вычисляют n и округляют до ближайшего целого числа.

В этом случае получается несколько вариантов планов статистического управления процессом, и предпочтение должно быть отдано тому плану, который обеспечивает наименьший объем выборки. Это особенно важно в ситуациях, когда затраты на контроль велики.

В условиях промышленного производства продукции могут происходить различные изменения, например замена операторов с разной квалификацией, смена поставляемых материалов, сужение или расширение границ регулирования по технологическим или экономическим соображениям и т. п. Все эти изменения должны быть незамедлительно отражены в планах статистического управления процессом.

В нормативных документах должно быть записано, что в течение некоторых установленных периодов времени (месяца, квартала, года и т. д.) КК и другие нормативные документы должны быть подвергнуты статистическому анализу для их обновления. Частота такого анализа должна быть определена производственной необходимостью.

Значения ARL для $B_1 = 3,00$ (односторонний критерий)

$\delta\sqrt{n}$	K=2					K=3					K=4				
	B_2					B_2					B_2				
	1,0	1,25	1,5	1,75	2,0	1,0	1,25	1,5	1,75	2,0	1,0	1,25	1,5	1,75	2,0
0,0	43,8	83,5	186,1	346,2	556,0	215,1	422,5	620,1	711,0	734,6	535,4	624,1	730,9	738,3	739,4
0,2	25,7	48,1	92,7	151,0	275,2	101,3	194,0	301,7	365,0	385,9	245,4	341,6	380,6	389,6	391,0
0,4	16,1	27,9	50,5	89,6	141,9	51,8	95,6	159,4	192,1	210,5	117,1	174,6	203,3	212,4	214,2
0,6	10,8	17,2	26,4	39,8	76,0	28,6	49,7	78,4	87,7	115,9	59,5	89,7	111,0	117,6	121,9
0,8	8,1	11,3	17,7	28,4	43,0	19,2	28,1	43,1	55,2	66,9	35,4	48,8	62,3	69,4	71,4
1,0	5,6	7,9	11,6	17,4	25,5	11,6	17,1	25,0	33,7	39,9	19,5	40,3	36,3	41,3	43,3
1,2	4,2	5,8	8,0	11,4	16,1	7,7	11,2	14,9	20,6	24,7	11,9	17,1	22,0	25,6	27,2
1,4	3,6	4,5	5,8	7,8	11,2	6,0	7,8	10,3	13,2	15,8	8,7	11,2	15,0	16,4	17,6
1,6	3,0	3,5	4,4	5,7	7,4	4,7	5,8	7,2	8,9	10,6	6,5	7,8	9,4	10,9	11,2
1,8	2,6	2,9	3,5	4,7	5,4	3,9	4,5	5,3	6,8	7,4	5,0	5,8	6,7	7,9	8,3
2,0	2,3	2,3	2,9	3,4	4,1	3,4	3,6	4,1	4,7	5,4	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0
2,2	2,1	2,2	2,5	2,8	3,2	2,8	2,8	3,3	3,7	4,1	3,4	3,6	3,9	4,2	4,5
2,4	1,9	2,0	2,2	2,4	2,6	2,5	2,6	2,8	3,0	3,2	2,9	3,0	3,1	3,3	3,5
2,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,2	2,2	2,3	2,3	2,5	2,6	2,5	2,5	2,7	2,7	2,8
2,8	1,6	1,7	1,8	1,8	1,9	2,0	2,1	2,1	2,1	2,2	2,2	2,3	2,3	2,3	2,4
3,0	1,5	1,6	1,6	1,6	1,7	1,8	1,8	1,8	1,9	1,9	1,9	1,9	1,7	1,9	2,0
3,2	1,4	1,4	1,4	1,5	1,3	1,6	1,6	1,6	1,6	1,7	1,6	1,6	1,6	1,6	1,7
3,4	1,3	1,3	1,4	1,4	1,4	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
3,6	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4
3,8	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3

Значения ARL для $B_1 = 3,25$ (односторонний критерий)

$\delta\sqrt{n}$	K=2					K=3					K=4				
	B_2					B_2					B_2				
	1,0	1,25	1,5	1,75	2,0	1,0	1,25	1,5	1,75	2,0	1,0	1,25	1,5	1,75	2,0
0,0	45,1	94,7	212,0	481,5	987,8	448,7	618,6	1176,0	1567,8	1698,7	904,8	1454,7	1675,9	1720,8	1730,4
0,2	26,4	50,7	105,3	223,3	432,2	116,2	263,9	469,5	744,9	843,6	369,7	653,0	819,6	864,3	872,9
0,4	16,6	29,2	55,6	110,2	207,6	58,0	121,2	230,3	360,3	430,2	161,3	299,9	392,2	446,9	455,8
0,6	11,0	18,0	31,7	58,4	105,3	32,1	60,7	112,3	178,9	225,1	99,5	140,1	204,6	216,4	235,7
0,8	7,8	11,8	19,3	30,2	56,5	19,3	33,3	58,1	92,1	117,2	40,3	69,9	104,2	118,1	133,2
1,0	6,8	8,2	12,5	20,0	32,3	12,6	19,8	32,2	49,8	67,1	23,3	37,5	56,2	71,4	95,1
1,4	3,7	4,7	6,2	6,7	12,6	6,6	8,8	12,4	17,4	23,2	10,1	13,9	19,2	24,7	28,6
1,6	3,3	3,7	4,7	6,3	8,6	5,1	6,5	8,5	11,3	14,7	7,4	9,5	12,4	15,6	18,2
1,8	2,7	3,1	3,8	4,7	6,1	4,2	4,9	6,2	7,8	9,8	5,7	6,9	8,5	10,4	12,0
2,0	2,4	2,7	3,1	3,7	4,5	3,5	3,9	4,7	5,5	6,6	4,6	5,2	6,0	6,9	7,9
2,2	2,1	2,4	2,6	3,1	3,6	3,1	3,4	3,8	4,4	5,1	3,9	4,3	4,8	5,4	6,0
2,4	2,0	2,1	2,3	2,6	2,9	2,7	2,9	3,2	3,5	3,9	3,3	3,5	3,8	4,1	4,4
2,6	1,9	1,9	2,1	2,2	2,5	2,4	2,5	2,7	2,9	3,1	2,9	3,0	3,1	3,3	3,5
2,8	1,9	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2	2,3	2,3	2,5	2,6	2,5	2,6	2,6	2,7	2,8
3,0	1,6	1,7	1,7	1,8	1,9	2,0	2,0	2,1	2,1	2,2	2,2	2,2	2,3	2,3	2,4
3,2	1,5	1,6	1,6	1,6	1,8	1,8	1,8	1,8	1,9	1,9	1,9	1,9	2,0	2,0	2,0
3,4	1,4	1,4	1,6	1,3	1,5	1,6	1,6	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,8
3,6	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,6	1,6
3,8	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4

Значения ARL (двусторонний критерий)

$\delta\sqrt{n}$		K=2					K=3					K=4				
		B ₂					B ₂					B ₂				
		1,0	1,25	1,5	1,75	2,0	1,0	1,5	1,75	2,0	1,0	1,15	1,5	1,75	2,0	
2,73	0,0	20,8	39,9	73,4	116,4	148,7	80,9	126,5	155,1	165,3	167,2	143,7	162,3	166,8	167,5	167,7
	0,2	18,6	33,0	61,0	95,2	123,5	65,8	100,0	126,6	140,8	142,9	117,6	131,6	142,1	143,0	143,1
	0,4	13,9	23,5	39,7	61,7	81,3	40,3	63,3	82,6	93,5	97,4	65,8	89,3	96,2	98,0	98,1
	0,6	10,0	15,6	24,6	31,7	49,5	24,3	36,9	49,5	54,6	60,9	40,2	53,2	59,2	61,3	61,8
	0,8	7,2	10,4	14,9	22,6	30,1	15,2	22,0	29,5	35,0	37,7	24,3	31,6	36,5	38,2	38,8
3,00	0,0	21,9	41,7	93,0	173,1	278,0	107,5	211,2	310,0	355,5	367,3	267,7	312,0	325,4	329,1	329,7
	0,2	19,5	37,9	75,2	126,6	222,6	84,0	159,9	243,9	294,1	303,0	201,0	277,8	303,0	306,2	307,0
	0,4	14,6	26,0	47,8	85,5	134,2	49,7	91,7	151,5	181,8	198,0	113,1	166,7	192,3	200,0	201,3
	0,6	10,5	16,9	26,0	39,4	75,3	28,2	49,3	77,2	86,2	113,3	58,5	88,1	108,7	114,9	119,0
	0,8	8,0	11,2	17,6	28,3	42,8	19,2	28,0	42,9	54,9	66,5	35,3	48,5	61,9	68,9	70,9
3,25	0,0	22,5	47,3	106,0	240,7	493,9	224,3	309,3	588,0	783,9	849,3	452,4	727,3	837,9	860,4	865,2
	0,2	20,0	40,0	87,7	184,5	357,1	98,0	222,2	395,4	609,0	673,4	312,5	555,5	657,9	686,3	692,0
	0,4	15,1	27,7	52,9	106,2	200,8	56,5	119,0	225,1	347,8	416,7	158,7	294,1	377,8	427,9	434,8
	0,6	10,7	17,6	31,3	58,0	104,0	31,8	60,2	111,1	175,4	220,2	98,5	138,9	200,5	212,8	230,3
	0,8	7,7	11,7	19,3	30,2	56,5	19,3	33,3	58,1	92,1	117,2	40,3	69,9	104,2	118,1	133,2

1.5. Корреляционный и дисперсионный анализ

Выделение существенных факторов

При исследовании сложных процессов, на которые воздействуют большое число факторов и, как правило, заранее не известно, какие из этих факторов следует считать определяющими (доминирующими). В сложных промышленных процессах число различных факторов может принимать значение от нескольких единиц до нескольких сотен. Для анализа явлений и управления производственными процессами требуется выявить взаимосвязи между факторами, определяющими ход технологического процесса и представить их в количественной форме в виде математической модели. Математическая модель является математическим отображением наиболее существенных сторон производства и позволяет получать информацию о процессах, протекающих в объектах, анализировать и проектировать системы, получать информацию, используемая для их управления. В зависимости от источника информации, используемого при построении математической модели, различают физико-химические и статистические модели. Статистические модели получаются в результате статистической обработки экспериментальных данных, собранных на исследуемом объекте. Соответствие статистической модели объекту ограничивается лишь количественными аспектами, и имеют относительно простую структуру, нередко они представляются в виде полиномов. Области их применения ограничивается ближайшей окрестностью рабочих точек, в которых проводился эксперимент.

Все переменные, определяющие состояния технологической системы, независимо от физико-химической сущности протекающих процессов в ней, разделяют на четыре группы. В первую группу относят факторы, которые не допускают целенаправленного изменения в ходе исследований. Информацию о значениях переменной этой группы получается в результате лабораторных анализов или измерений, например, качество исходного сырья или

промежуточных продуктов, получаемого на предыдущих стадиях технологического процесса.

Вторую группу факторов образуют управляемые факторы процесса или контролируемые входные факторы, с помощью которых реализуется технологический процесс. К ним относят показания контрольно-измерительных приборов, положения регуляторов и т.д. На значения управляемых факторов могут накладываться технологические ограничения, ограничивающие область их допустимых значений. К третьей группе относятся величины, которые называют выходными. К их числу относятся величины, характеризующие экономическую эффективность процесса, а также технико-экономические параметры, технологические свойства и характеристики готовых продуктов.

Переменные этой группы могут использоваться в качестве целевых величин при оптимизации технологических процессов. Выходные переменные в некоторых случаях могут быть качественными и принимать конечное число дискретных значений, например, устойчивость (1) или неустойчивость (0) какого-либо процесса.

Четвертую группу образуют неконтролируемые факторы, характеризующие действия на систему или объект возмущения, и которые не могут быть измерены количественно. Характер воздействия неконтролируемых факторов зависит от их свойств, так медленно меняющиеся во времени, могут приводить к дрейфу характеристик объекта.

Степень и характер влияния технологических факторов на параметры технологического процесса позволяют оценить известные статистические методы обработки данных, такие как, корреляционный и дисперсионный анализ.

Ковариация и коэффициент корреляции.

Степень зависимости случайных величин X и Y оценивается с помощью коэффициента ковариации:

$$k(X, Y) = M(XY) - M(X) \cdot M(Y);$$

где $M(X)$, $M(Y)$ и $M(X,Y)$ – математическое ожидание случайных величин X , Y и XY . Коэффициент ковариации имеет размерность XY , поэтому при изменении единицы масштаба случайных величин его значение будет изменяться. Больше значение в приложениях имеет коэффициент корреляции $r(X,Y)$, определяемый как:

$$r(X, Y) = \frac{k(X, Y)}{\sigma X \cdot \sigma Y};$$

где σX , σY – среднеквадратическое отклонение случайных величин X , Y .

Коэффициент корреляции, зависящий от коэффициента ковариации и среднеквадратических отклонений случайных величин, является безразмерной величиной. Коэффициент корреляции обладает следующими свойствами:

1. $r(X,Y)=0$ для независимых случайных величин X и Y .
2. $-1 \leq r(X,Y) \leq 1$ для любых двух случайных величин X и Y .
3. Если $r(X,Y)=1$, то случайные величины X и Y связаны соотношением: $Y=aX+b$; где a , b – некоторые постоянные.

Эти свойства означают, что коэффициент корреляции позволяет измерять степень зависимости случайных величин X и Y . Так, для независимых случайных величин X и Y коэффициент корреляции равен нулю. Крайние возможные значения коэффициента корреляции равные -1 и $+1$, соответствуют функциональной зависимости между X и Y , имеющий линейный характер и самый тесный вид: $Y=aX+b$. Следует иметь в виду, что существуют зависимые величины X и Y , коэффициент корреляции которых равен нулю, в этом случае такие величины называют некоррелированными.

Для дискретных случайных величин коэффициенты $k(X,Y)$ и $r(X,Y)$ можно вычислить по формулам:

$$k(X, Y) = \sum x_i \cdot y_j \cdot p_{i,j} - (\sum x_i \cdot p_i) \cdot (\sum y_j \cdot p_j), \quad (1)$$

$$r(X, Y) = \frac{\sum x_i \cdot y_j \cdot p_{i,j} - (\sum x_i \cdot p_i) \cdot (\sum y_j \cdot p_j)}{\sqrt{\sum x_i^2 \cdot p_i - (\sum x_i \cdot p_i)^2} \cdot \sqrt{\sum y_j^2 \cdot p_j - (\sum y_j \cdot p_j)^2}}, \quad (2)$$

где x_i, y_j – значения случайных величин X и Y ; p_i, p_j – соответствующие им вероятности; $p_{i,j}$ – вероятность совместного появления событий $X=x_i, Y=y_j$.

Для практических расчетов, более удобно правые части равенств (1), (2) выражать через математические ожидания и среднеквадратическое отклонение и тогда коэффициенты ковариации и корреляции вычисляются по формулам:

$$k(X, Y) = \sum (x_i - MX) \cdot (y_j - MY) \cdot p_{i,j} \quad (3)$$

$$r(X, Y) = \frac{\sum (x_i - MX) \cdot (y_j - MY)}{\sigma_X \cdot \sigma_Y} \quad (4)$$

где MX, MY – математическое ожидание случайных величин X и Y ; σ_X, σ_Y – среднеквадратические отклонения случайных величин X и Y .

Дисперсионный анализ

Однофакторная классификация

Задачи, связанные с дисперсионным анализом принято разделять на несколько видов. В задачах первого вида проводят сравнение множества средних на основе моделей с постоянными коэффициентами. В таких моделях коэффициенты модели a_i , рассматриваются как неизменные параметры, и которые подлежат оценке. В задачах второго вида проводят оценки долей изменчивости, вносимых отдельными факторами, при этом коэффициенты модели a_i , рассматриваются как случайные переменные.

К задачам однофакторной классификации относятся задачи которые в общем случае формулируются следующим образом: имеется фактор A , принимающий одно из p дискретных значений, и необходимо сравнить p эффектов. Действие фактора A проявляется в p сравниваемых средних значениях.

При решении задачи, как правило, исходят из следующей линейной модели наблюдения:

$$y_{i,j} = m + a_i + e_{i,j}; j = 1, n_i; i = 1, p$$

где n_i – объем выборки для i -го значения фактора А; m – общее среднее значение; a_i – эффекты уровня фактора А; $e_{i,j}$ – независимые и нормально распределенные ошибки наблюдений, с нулевым математическим ожиданием и дисперсией σ^2 .

Задача дисперсионного анализа при однофакторной классификации заключается в проверке гипотезы $H_A: a_1=a_2=\dots=a_p=0$, означающей равное воздействие всех p уровней фактора. Для проверки гипотезы вычисляют:

$$y_{\cdot,\cdot} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^{n_i} y_{i,j} \text{ - общее среднее;}$$

$$y_{i,\cdot} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^{n_i} y_{i,j} \text{ - среднее по строкам;}$$

$S_G = \sum_{i=1}^p \sum_j^{n_i} (y_{i,j} - y_{\cdot,\cdot})^2$ - сумма квадратов, связанная с рассеянием относительно среднего;

$S_A = \sum_{i=1}^p n \cdot (y_{i,\cdot} - y_{\cdot,\cdot})^2$ - сумма квадратов, связанная с рассеянием между уровнями фактора А;

$S_R = S_G - S_A$ - сумма квадратов, связанная с рассеянием внутри отдельных уровней фактора А.

Если гипотеза H_A справедлива, то отношение $\frac{S_A^2}{S_R^2}$, где $s_A^2 = \frac{S_A}{(p-1)}$ и

$s_R^2 = \frac{S_R}{(p-1)}$, имеют F-распределение с числом степеней свободы $\varphi_1=(p-1)$

и $\varphi_2 = (n-p)$. Гипотеза $H_A: a_1=a_2=\dots=a_p=0$ отвергается при выбранном уровне значимости α , если выполняется условие: $F > F_{кр.}$, где $F_{кр.}$ – критическое значение F-распределения при числах степеней свободы $\varphi_1= (p - 1)$ и $\varphi_2 = (n$

– р). В противном случае делается вывод о том, что результаты наблюдений не противоречат гипотезы H_A .

Двухфакторная классификация

Дисперсионный анализ является одним из наиболее распространенных и общих методов статистического анализа экспериментальных данных. В основу дисперсионного анализа положено предположение о том, что существенность некоторого (дискретного) фактора характеризуется его вкладом в дисперсию выходной величины. В качестве исходных данных используется n случайных измеренных значений, являющихся реализациями n случайных переменных y_1, y_2, \dots, y_n , математическое ожидание которых представляют собой линейную форму от p независимых параметров a_1, a_2, \dots, a_p :

$$y_i = a_1 x_{1i} + a_2 x_{2i} + \dots + a_p x_{pi} + e_i;$$

где e_i –случайная переменная, которая означает ошибку измерений в i -м наблюдении.

Задача двухсторонней классификации или двухфакторного дисперсионного анализа возникает при проведении наблюдений в эксперименте, в котором одновременно действуют два фактора А и В, варьируемые соответственно на p и q уровнях. При однократных наблюдениях для каждой комбинации уровней факторов А и В для анализа имеется лишь одно измеренное значение при общем числе $n = pq$. Для n выборок $y_{i,j}$, $i = 1, p$; $j = 1, q$, предполагается, что наблюдаемые значения представляются в виде:

$$y_{i,j} = m + a_i + b_j + e_{i,j}$$

где m, a_i, b_j – некоторые константы, $e_{i,j}$ – независимые нормально распределенные случайные величины с математическим ожиданием 0 и одной и той же дисперсией σ^2 . Задачей дисперсионного анализа, в этом случае, сводится к проверке гипотез $H_A: a_1 = a_2 = \dots = a_p = 0$ и $H_B: b_1 = b_2 = \dots = b_q = 0$.

Для гипотез H_A и H_B отношения $\frac{S_A^2}{S_R^2}$ и $\frac{S_B^2}{S_R^2}$ имеют F – распределение со

степенями свободы $\varphi_1 = p - 1$, $\varphi_2 = (q - 1)(p-1)$ и $\varphi_1 = q - 1$, $\varphi_2=(q-1)(p-1)$

соответственно. Отношения $\frac{S_A^2}{S_R^2}$ и $\frac{S_B^2}{S_R^2}$ вычисляются с использованием

выборочных характеристик:

$$y_{i\bullet} = \frac{1}{q} \sum_{j=1}^q y_{i,j} \text{ - среднее по строкам,}$$

$$y_{\bullet,j} = \frac{1}{p} \sum_{i=1}^p y_{i,j} \text{ - среднее по столбцам,}$$

$$y_{\bullet\bullet} = \frac{1}{q \cdot p} \sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^q y_{i,j} \text{ - общее среднее,}$$

$$S_A = q \sum_{i=1}^p (y_{i\bullet} - y_{\bullet\bullet})^2; s_A^2 = \frac{S_A}{p-1}$$

$$S_B = q \sum_{j=1}^q (y_{\bullet,j} - y_{\bullet\bullet})^2; s_B^2 = \frac{S_B}{q-1}$$

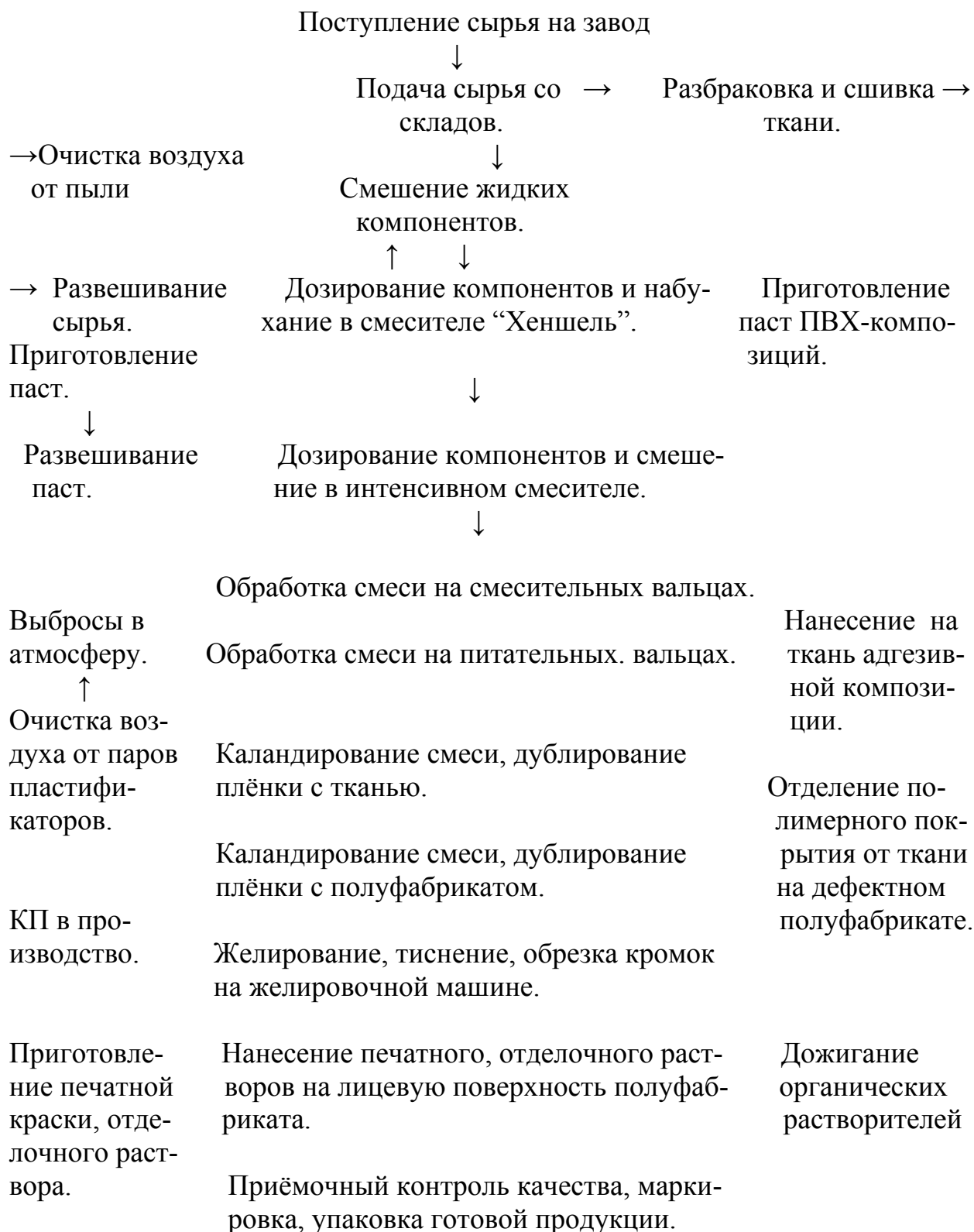
$$S_R = \sum_{i=1}^q \sum_{i=1}^p (y_{i,j} - y_{i\bullet} - y_{\bullet,j} - y_{\bullet\bullet})^2; s_R^2 = \frac{S_R}{(p-1) \cdot (q-1)}.$$

Гипотеза H_A : $a_1=a_2= \dots =a_p=0$ отвергается, если для заданного уровня значимости α рассчитанное значение $F_A > F_{кр}$, где $F_{кр}$ F-распределения при уровне значимости α и соответствующих степенях свободы. Если $F_A < F_{кр}$, то на основании данного критерия гипотезу следует признать приемлемой. Аналогичным образом проверяется гипотеза H_B . Альтернативой этим гипотезам является то, что по крайней мере один эффект a_i или соответственно b_j значимым образом отличаются от нуля.

Ниже приведена реализация в среде Mathcad двухфакторного дисперсионного анализа, сформулированной задачи.

2. ПРИМЕР ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОНТРОЛЬНЫХ КАРТ В ПРОИЗВОДСТВЕ ВНИЛИСКОЖИ-Т ОБИВОЧНОЙ

2.1. Блок-схема производства винилискожи-Т обивочной



2.2. Пооперационное описание схемы технологического процесса

2.2.1. Поступление сырья на завод.

Сырьё доставляется на завод автотранспортом, железнодорожном транспортом в следующих видах тары:

-автоцистернах; -ж/д цистернах ; -ж/д вагонах, крытом автотранспорте в упаковке поставщика: многослойных бумажных мешках, п/э мешках, вложенных в многослойные бумажные мешки, мешках из прорезиненной ткани, мягких контейнерах, бочках, флягах, металлических, пластмассовых, картонных барабанах и т.д.

Растворители (циклогексанон , этилацетат и др.) пластификаторы ,растворы полимеров (25%-ный р-р полиуретана в диметилформамиде др.) поступают на завод в ж/д цистернах , автоцистернах, бочках, флягах.

Слив пластификаторов из ж/д цистерн в подземные ёмкости склада пластификаторов осуществляется на специальном сливном пункте ,трубопроводы системы слива-налива герметичны ,исключают возможность поступления горючих паров в атмосферу.

Слив пластификаторов из бочек производится через специальную воронку (корыто), подсоединённую к трубопроводам системы слива.

Путём открытия соответствующей запорной арматуры в системе слива пластификатор направляется в нужную подземную ёмкость склада.

Из автоцистерн пластификаторы сливаются непосредственно в нужную подземную ёмкость через верхний патрубок ёмкости.

При проведении погрузочно-разгрузочных, сливных- наливных работ с ЛВЖ и ГЖ необходимо выполнять «Общие правила по взрывобезопасности на химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производствах»

Хранение ЛВЖ, ГЖ в бочках, канистрах, бутылках осуществляется в приспособленных помещениях или на специальных открытых площадках, имеющих более низкую отметку , чем отметки производственных цехов, населённых пунктов. Площадки должны иметь ограждения (обвалование), препятствующее растеканию жидкостей в случае аварий.

Территория должна содержаться в чистоте и своевременно очищаться от различных жидкостей и горючего мусора в т.ч. пуха деревьев.

Контролируемые параметры : наличие паспорта качества, уровни в ёмкостях, количество поступающего сырья, соответствие упаковки и маркировки требованиям НТД.

Смола ПВХ поступает на завод автотранспортом, в ж/д цистернах, ж/д вагонах в упаковке : мешках, мягких контейнерах.

Остальные виды сырья, ткани, бумага-основа хранятся в закрытых складских помещениях, защищённых от атмосферных осадков, почвенной влаги , действия тепловой радиации.

Каждая партия сырья должна сопровождаться паспортами качества.

2.2.2. Поступление сырья со складов.

Подача ПВХ- смолы суспензионной.

Подача ПВХ- смолы суспензионной в промежуточные бункера на складе, цеховые бункера производится по системе пневмотранспорта.

Из мешков смола подаётся в пневмосистему путём засыпки через загрузочное устройство. Из железнодорожных цистерн или контейнеров смола подаётся при помощи шлангов, присоединённых к системе пневмотранспорта.

Для приготовления печатных и отделочных растворов смола ПВХ завозится в тамбур реакторного отделения в мешках.

Пластификаторы из подземных ёмкостей склада пластификаторов насосом закачиваются в расходные ёмкости цеха. Уровень пластификаторов в цеховых ёмкостях контролируется с помощью дифманометра.

Подача растворителей.

Растворители из подземных ёмкостей с помощью насоса подаются в расходные ёмкости цеха.

Допускается подача растворителей в ёмкости цеха по системе трубопроводов через мерник из бензовоза насосом бензовоза или из бочек, установленных вне помещения с помощью ручного насоса БКФ.

Подача прочих компонентов.

Остальные виды сырья, бумага-основа доставляются в цех в таре поставщика или перетаренными в удобную для производства тару электропогрузчиком, электрокарой, тележкой в тамбур основного производства, тамбур реакторного отделения в объёме не более суточного потребления.

Контролируемые параметры: соответствие сырья НТД, уровни в ёмкостях, количество сырья.

2.2.3. Развешивание сырья.

Развешивание сырья для дозирования в смесители производится непосредственно из тары, удобной для развешивания в специально изготовленную для развески плёнку на соответствующих весах согласно рецептурам. Развешивание сырья для приготовления паст производится в баки ёмкостью 100-200 л следующим образом: при помощи электротельфера на весы устанавливается бак, взвешивается, из расходных ёмкостей заливается расчётное количество пластификатора, засыпают сыпучие компоненты согласно рецептурам. Контролируемый параметр: точность взвешивания.

2.2.4. Смешение жидких компонентов.

В зависимости от вязкости смешивают несколько компонентов или разбавляют пластификатором до вязкости, необходимой для подачи по трубопроводу, в соответствии согласно рецептурам.

Компоненты заливаются в расходную ёмкость через шланг при помощи насоса. Перед дозированием смесь перемешивается в течение 18 ± 3 мин.

Готовый раствор дозируется в смеситель “Хеншель” через счётчик согласно заданному количеству.

Контролируемые параметры : уровень в ёмкостях, время перемешивания, температура пластификатора для высоковязких жидкостей, точность взвешивания.

2.2.5. Приготовление паст.

Смешение компонентов.

Смешение компонентов производится в планетарной мешалке, вертикальном смесителе “Книдер”. Взвешенные согласно рецепту компоненты подаются в баке к планетарной мешалке и перемешиваются.

В вертикальном смесителе “Книдер”, оборудованном местной вытяжной вентиляцией, производится перемешивание токсичных компонентов: кадмиевых стабилизаторов. Дозирование токсичных компонентов производится непосредственно в смеситель “Книдер”, пластификатор дозируется через счётчик-дозатор.

Время перемешивания паст:

- наполнителей, стабилизаторов – (18±3) мин;
- пигментов, порофора – (35±5) мин.

Готовая паста должна быть одного цвета, однородная, не содержать комков. Соотношение затира сыпучих компонентов с пластификатором подбирается в соответствии с пластификатор ёмкостью компонентов и назначением пасты (дозирование через автовесы, транспортирование паст по трубопроводу или подача пасты для перетира на краскотёрку).

Перетир паст.

Перетир паст после планетарной мешалки производится на краскотёрке или нагнетательной мельнице.

От планетарной мешалки бак с замесом пасты электротельфером транспортируется к краскотёрке. Из бака паста вручную подаётся в зазор между валами или, бак устанавливается в специальный держатель подъёмник перед краскотёркой, вручную открывается запор внизу бака и отдельными порциями паста самотёком подаётся в зазор между валами краскотёрки.

От вертикального смесителя “Книдер” паста транспортируется в зазор валков краскотёрки насосом по трубопроводу.

Валки краскотёрки охлаждаются водой. Прижимное давление валов краскотёрки (15 ± 5) кгс/см².

На выходе из краскотёрки паста стекает в бак, проверяется на степень перетира (дисперсность) по прибору “Клин”.

Готовая паста вытекает из верхней части цилиндрического резервуара через вращающееся сито, задерживающее бисер. От нагнетательной мельницы паста по трубопроводу подаётся в расходную ёмкость, питающую смеситель “Хеншель”. По мере расходования смеси добавляется новая порция.

Контролируемые параметры: время перемешивания, дисперсность пасты, прижимное давление валков краскотёрки, соответствие цвета колера.

2.2.6. Развешивание паст.

Жидкие пасты наполнителей дозируются из расходной ёмкости через автоматические весы в смеситель “Хеншель”.

Остальные пасты развешиваются в полимерную плёнку на соответствующих по классу точности весах, полуавтоматическом дозаторе в зависимости от класса точности взвешивания.

Контролируемый параметр точность взвешивания.

2.2.7. Приготовление паст ПВХ- композиций.

Процесс получения паст ПВХ- композиций состоит из следующих операций: подготовка компонентов; смешение компонентов; перетир паст на краскотёрке. Смола поливинилхлоридная хлорированная (перхлорвиниловая) растворяется в пластификаторе в соотношении 1:8.

Предварительно смолу смочить холодным пластификатором, затем при постоянном перемешивании добавить оставшееся количество пластификатора, нагретого до 90 ± 10 °С. Смеси необходимо набухнуть $2,5\pm 0,5$ ч.

Смешение компонентов в планетарной мешалке.

Для приготовления паст ПВХ- композиции бак объемом 200 л.устанавливают на весы, дозируют пластификатор , затем загружают все компоненты согласно рецептуре: смолу ПВХ- эмульсионную, наполнители, стабилизаторы, пигменты и др. Бак электротельфером доставляется к планетарной мешалке , устанавливается под лопасти мешалки, где происходит перемешивание не менее (25±5) мин.

Перетир пасты на краскотёрке.

Бак с замесом композиции электротельфером транспортируется к краскотёрке. Перетир пасты производится при охлаждении валов водой. На выходе пасты с краскотёрки определяется дисперсность по прибору “Клин”.

Паста транспортируется непосредственно в баке к пастонаносным устройствам на тележке. Баки с готовыми пастами должны быть снабжены этикетками с указанием :наименования пасты; степени дисперсности и подписи техконтролера; даты изготовления и фамилии аппаратчика.

Контролируемые параметры: порядок загрузки, время смешения, дисперсность, температура пластификатора, воды, время созревания, время выдержки для электропроводящих паст, прижимное давление валков краскотёрки.

2.2.8.Разбраковка и сшивка ткани.

Ткань, нетканое полотно на тележке подаются со склада ткани к браковочной машине. На браковочной машине основа просматривается на соответствие НТД по внешним дефектам, сшивается в непрерывное полотно по 1000-2500 п.м., укладывается на тележку и подаётся на каландровую линию №1. Сшивка тканей производства искусственных материалов методом дублирования производится двойным стачным швом на расстоянии от края 30-40 мм.

При получении искусственных материалов методом шпредиования сшива ткани производится накладным швом внахлёт с шириной нахлёста не менее 80 мм., причём вперёд идущая ткань накладывается сверху.

Сшивка толстых нетканых основ производится путём соединения концов “встык”. Шов должен быть укреплен накладной тонкой тканью шириной

7-10 см. по ширине шва и закреплен двойной строчкой на каждую сторону.

Для сшивки используются х/б нитки не выше №30 или ЛХ №44. Контролируемые параметры: качество шва, количество ткани, ширина, качество ткани, № ниток.

2.2.9. Дозирование компонентов и набухание в смесителе “Хеншель”.

В предварительно нагретый до $(100\pm 120)^\circ\text{C}$ смеситель производится загрузка компонентов композиции.

Пластификаторы, смеси жидких компонентов или отдельные компоненты (жидкие), компаунд жидких и сухих ингредиентов подаются в смеситель по трубопроводу через счётчики дозаторы.

Пластификаторы необходимо использовать при температуре $(25\pm 5)^\circ\text{C}$.

Процесс загрузки и смешения осуществляется автоматически или на ручном режиме с дистанционным управлением. Необходимое количество материалов согласно рецептуре задаётся на щите управления. Загрузка в смеситель производится по сигналу электросхемы. Нагрузка на электродвигатель не должна превышать (60 ± 10) А.

Контролируемые параметры: время набухания, температура выгружаемой смеси, нагрузка в конце набухания, давление пара на обогрев смесителя, количество дозируемых компонентов, качество выгружаемой крошки.

2.2.10. Дозирование компонентов и смешение в интенсивном смесителе.

В предварительно разогретый интенсивный смеситель с загрузочной площадки вручную загружаются все компоненты согласно рецептуре. Температура и время смешения в интенсивном смесителе определяются рецептурой композиции и заданной температурой выгружаемой смеси.

Выгрузка из смесителя происходит автоматически по окончании заданного времени и на ручном управлении.

Контролируемые параметры: температура смесителя, время смешения, максимальная нагрузка на электродвигатель смесителя.

2.2.11. Обработка смеси на смесительных вальцах.

На предварительно нагретые смесительные вальцы по транспортёру подаётся смесь из интенсивного смесителя. Температура валов определяется рецептурой ПВХ- композиции.

Вальцевание поливинилхлоридного пластиката производится путём много-кратного пропуска через зазор вальцов с обязательным периодическим подрезанием смеси (не менее 5-ти подрезов на порции). После вальцевания смесь в виде ленты подаётся на питательные вальцы по транспортёру.

При приготовлении ПВХ- композиции 1-ой стадии смесь вручную с помощью ножа снимается с вальцов в виде пластин по 3-4 кг, укладывается на тележку и транспортируется к рифайнер- вальцам для рафинирования. Холодная смесь предварительно обрабатывается на дробильных вальцах.

Контролируемые параметры : температура валов ,зазор между валами по смеси, нагрузка на электродвигатель главного привода, время вальцевания.

2.2.12. Обработка смеси на питательных вальцах.

На предварительно нагретые смесительные вальцы по транспортёру подаётся смесь из интенсивного смесителя.

Температура валов определяется рецептурой ПВХ -композиции. Вальцевание поливинилхлоридного пластиката производится путём многократного пропуска через зазор вальцов с обязательным периодическим подрезанием смеси (не менее 5-ти подрезов на порции). После вальцевания смесь в виде ленты подаётся на питательные вальцы по транспортёру.

При приготовлении ПВХ- композиции 1-ой стадии смесь вручную с помощью ножа снимается с вальцов в виде пластин по 3-4 кг, укладывается на тележку и транспортируется к рифайнер- вальцам для рафинирования. Холодная смесь предварительно обрабатывается на дробильных вальцах

Контролируемые параметры : температура валов ,зазор между валами по смеси, нагрузка на электродвигатель главного привода, время вальцевания.

2.2.13. Нанесение на ткань адгезивной композиции.

Основа, доставленная на тележке с участка разбраковки ткани, сшивается в непрерывное полотно и заправляется на поточную каландровую линию в следующем порядке: компенсатор, пастонаносное устройство, шпанрама сушильно-ширильного агрегата, термокамера, каландр №1, каландр № 2, охлаждающее устройство, намоточное устройство.

Адгезивная паста пневматическим насосом из бака заливается в ванну пастонаосного устройства. При выпуске опытных партий допускается заливать пасту вручную из бака в ванную пастонаосного устройства. При помощи вала “ пико” адгезивная паста наносится на поверхность ткани (основы) и в термокамере сушильно-ширильного агрегата происходит желирование адгезивного слоя. Нагрев сушильно-ширильного агрегата комбинированный с помощью электрических ТЭНов и паровых калорифов. Регулирование температуры осуществляется за счёт электрических ТЭНов.

Контролируемые параметры: температура в камере, масса единицы площади (наложение) пасты.

2.2.14.Каландрование смеси, дублирование плёнки с основой.

Разогретый на питательных вальцах пластикат подаётся по транспортёру в зазор между верхним и выносным валами каландра.

От действия высоких температур, механического воздействия за счёт фрикции, скрещивание валов и установления зазоров между валами формируется плёнка необходимой толщины и ширины.

При нанесении плёнки методом дублирования основа с адгезивным слоем заправляется между 4-м и дублировочным обрезиненным валом. Линейные скорости валов равны. Дублирование плёнки с тканью производится за счёт прижимного сдавливания основы с плёнкой между валами. Давление на обрезиненный вал осуществляется сжатым воздухом.

Полуфабрикат после нанесения плёнки направляется на 2-й каландр для дублирования 2-ого слоя или на охлаждающие барабаны и наматывающее устройство при однослойном наложении.

Шпредирирование основы на второй каландровой линии производится между 3-м и 4-м валами каландра. Наложение плёнки на основу при получении материала на 2-й каландровой линии может производиться по всей ширине основы или по кромке в зависимости от требований к материалу.

Полуфабрикат поступает далее на тиснильное устройство, полимерное покрытие подогревается с помощью ТЭНов и тиснится на тиснильном узле между обрезным и металлическим валами. Протисненный полуфабрикат охлаждается на охлаждающих барабанах, наматывается на рулон и транспортируется в печатно-отделочное отделение.

Величина зазора между валами регулируется с помощью двухскоростного электрического двигателя. Контроль осуществляется с помощью сельсинных толщиномеров.

Контролируемые параметры: температура валов каландра, толщина плёнки, давление воздуха на дублировочный вал, скорость, нагрузка на электродвигатель, температура охлаждающей воды, масса полуфабриката, величина скрещивания валов.

2.2.15. Каландрование смеси и дублирование плёнки с полуфабрикатом.

Разогретый на питательных вальцах пластикат подаётся по транспортёру в зазор между верхним и выносным валами каландра. На валах каландра формируется плёнка необходимой толщины и ширины. Дублирование плёнки с полуфабрикатом осуществляется между 4-м и дублировочным обрезиненным валом. Крутящийся запас смеси между 2-м и 3-м валами должен быть 2-3 см. по диаметру, определяется визуально. Полуфабрикат с каландра поступает на охлаждающие барабаны и далее на намоточное устройство. Охлаждение барабанов- водяное. Полуфабрикат наматывается в рулоны массой не более 470 кг. Обрезка и заправка полуфабриката на

взвойку производится с помощью приспособления ПРЗ-01. Допускается ручная обрезка полуфабриката с помощью ножниц и заправка его на взвойку. Рулон полу-фабриката снимается электротельфером с наматывающего устройства и транспортируется к желировочным или грунтовальным машинам или к печатно-отделочным машинам электропогрузчиком.

Рулоны брачного полуфабриката, полученного при настройке каландровой линии методом дублирования, направляется на раздир-машину. П.В.С. от каландра направляется на газоочистную установку.

Контролируемые параметры: температура валов каландра, толщина плёнки, давление воздуха на дублировочный вал, нагрузка на электродвигатель, скорость дублирования, масса единицы площади полуфабриката (наложение), температура охлаждающей воды, величина скрещивания валов.

2.2.16. Желирование, тиснение, обрезка кромок на желировочной машине.

Рулон полуфабриката при помощи электротельфера устанавливается на размоточное устройство желировочной машины. Края полотна накладываются на иглы транспортирующего устройства шпанрамы и при помощи заправочной тесьмы полотно полуфабриката направляется в камеры желировочной машины лицевой стороной вверх.

Сшивка полуфабриката производится стачным швом хлопчатобумажными нитками не выше № 30 или нитками армированными с хлопковой оплеткой № 44ЛХ на расстоянии 30-40 мм от края. Швы должны быть ровные без перекосов, сборок, складок.

При движении полуфабриката в камерах желировочных машин за счёт действия высоких температур происходит желирование всех слоёв полимерного покрытия, чем обеспечивается прочность связи между слоями, прочность скрепления плёнки с тканью и последующее тиснение лицевой поверхности.

При выходе из желировочных камер полуфабрикат поступает в охлаждающую камеру с 2-х сторонним обдувом полуфабриката воздухом с целью фиксирования пор в пористом слое.

Тиснение лицевой поверхности полуфабриката осуществляется между тиснильным и резиновым или зеркальным металлическим валами. Величина зазора устанавливается оператором вручную в зависимости от вида продукции. Прижим тиснильного вала осуществляется пневмоцилиндрами сжатым воздухом.

Протиснённый материал подаётся на охлаждающие барабаны и далее на наматывающее устройство, затем электропогрузчиком транспортируется в печатное отделение или на разбраковку. Охлаждение барабанов – водяное.

Контролируемые параметры: температура в зонах камер, скорость движения материала, качество шва, разрежение в камере, толщина и ширина материала, масса 1 м^2 , прочность сцепления плёнки с тканью.

2.2.17. Приготовление печатной краски, отделочного раствора.

Отделочный и печатный растворы представляют собой растворы различных полимеров (ПВХ- смола, полиметилметакрилат, полиэфируретан и т.д.) в органических растворителях с добавлением матирующих агентов, модифицирующих и других добавок.

Приготовление их сводится к приготовлению растворов полимеров в соответствующих растворителях : поливинилхлорид – в циклогексаноне, полиметилметакрилат – в этилацетате или бутилацетате, полиуретан – в диметилформамиде и т.д., приготовлению суспензии матирующих агентов в растворителях, с последующим совмещением согласно рецептурам. Перед началом работы в случае разгерметизации реакторов воздух в реакторе с целью предупреждения образования взрывоопасных смесей необходимо разбавить инертным газом (CO_2) до концентрации кислорода ниже минимально-взрывоопасной концентрации (МВСК), что обеспечивается созданием давления инертного газа (CO_2) не менее 0,8 согласно расчёту.

Приготовление 10%-го раствора ПВХ- смолы.

В реакторе из расходной ёмкости цеха самотёком по трубопроводу через объемный мерник подаётся 50% расчётного количества циклогексанона.

При включенной мешалке через люк в реактор загружается необходимое количество ПВХ- смолы. Реактор герметично закрыть, создать инертную среду подачей в реактор в течение $(0,5\pm 1)$ минуты при давлении 2 кгс/см^2 углекислого газа. В течение (5 ± 7) минут ведётся перемешивание. Затем постепенно (при включенной мешалке) в течение 45 минут производится нагрев содержимого реактора до температуры $(65\pm 5) \text{ }^\circ\text{C}$.

При достижении заданной температуры заливается вторая порция циклогексанона. Общий цикл растворения ПВХ- смолы при температуре $(65\pm 5)^\circ\text{C}$ $-(4,5\pm 0,5)$ ч. Полнота растворения определяется по однородной плёнке, полученной на стекле. Процесс растворения считается законченным, если в плёнке отсутствуют не растворившиеся частицы ПВХ- смолы.

Готовый раствор охлаждается до температуры $(20\pm 5)^\circ\text{C}$, передавливается инертным газом (CO_2) в ёмкость цеха.

Контролируемые параметры: температура, время растворения, полнота растворения, вязкость, сухой остаток готового раствора, точность взвешивания компонентов.

Приготовление раствора полиметилметакрилата.

В реакторе по трубопроводу через мерник подаётся расчётное количество растворителя. Затем растворитель в реакторе разогревается до температуры $(45\pm 5) \text{ }^\circ\text{C}$. В два приёма через промежуток 30 минут при включенной мешалке загружается необходимое согласно рецептуре количество полиметилметакрилата.

После каждой загрузки реактор герметично закрывается, создаётся инертная среда подачей в течение $(0,5\pm 1)$ минуты при давлении 2 кгс/см^2 инертного газа (CO_2). Растворение полиметилметакрилата производится в среде инертного газа (CO_2) при температуре $(70\pm 5)^\circ\text{C}$ в течение (6 ± 2) ч. в зависимости от дисперсности частиц полимера.

Контролируемые параметры: время растворения, температура растворения, условная вязкость, полнота растворения, сухой остаток, точность взвешивания компонентов.

Приготовление раствора сополимера ВА-15.

В реакторе через мерник подаётся расчётное количество растворителя (этилацетата, бутилацетата), при включенной мешалке засыпается расчётное согласно рецептуре количество сополимера ВА-15. Реактор герметично закрывается, создаётся инертная среда подачей в течение $(0,5\pm 1)$ минут при давлении 2 кгс/см^2 инертного газа (CO_2) и смесь перемешивается в течение (5 ± 7) минут. Затем производится постепенный разогрев до температуры $(60\pm 5) \text{ }^\circ\text{C}$. Растворение производится в течение (4 ± 1) ч. в среде инертного газа (в зависимости от дисперсности частиц полимера). Раствор охлаждается до комнатной температуры и передавливается инертным газом (CO_2) в расходную ёмкость.

Контролируемые параметры: вязкость, сухой остаток, полнота растворения, температура растворения, время растворения, точность взвешивания компонентов.

Разбавление полиэфируретана в диметилформамиде.

В реакторе через мерник по трубопроводу загружается расчётное количество диметилформамида, через люк загружается расчётное количество полиэфируретана, реактор герметично закрывается, создаётся инертная среда, подачей углекислого газа в течение $(0,5\pm 1)$ минут давлением 2 кгс/см^2 , включается мешалка, время перемешивания (50 ± 10) минут.

Готовый раствор передавливается инертным газом (CO_2) в реактор для приготовления отделочного раствора (приготовление на 1 порцию отделочного раствора) или в бидоны. Бидоны герметично закрываются, раствор впоследствии используется для приготовления отделочного раствора.

Контролируемые параметры: время перемешивания, точность дозировки.

Приготовление суспензии матирующих агентов.

В реактор через мерник подаётся расчётное количество растворителя. При включенной мешалке подаётся расчётное количество матирующего агента. Реактор герметично закрывается, создаётся инертная среда подачей в течение $(0,5\pm 1)$ минут инертного газа давлением 2 кгс/см^2 . Смесь перемешивается в течение (50 ± 10) мин. с набуханием не менее 12 часов.

Контролируемые параметры: время набухания, содержание влаги матирующего агента, точность взвешивания компонентов.

Приготовление дисперсии ПВХ ЕП-6602С в олигоэфиракрилате.

В бидон объемом 3 л заливается олигоэфиракрилат, загружается небольшими порциями при постоянном помешивании расчётное количество поливинилхлорида ЕП-6602С. Перемешивание производится под мешалкой “Деспа” в токе инертного газа с избыточным давлением в течение (45 ± 15) минут. Контролируемые параметры: время перемешивания, точность взвешивания компонентов.

Совмещение отделочных растворов.

Совмещение растворов происходит в реакторе без подогрева.

Оставленная для процесса набухания суспензия матирующего агента, перед совмещением перемешивается в реакторе в течение $(0,5\pm 1)$ часа.

Перемешивание производится в сфере инертного газа (CO_2), который подаётся в герметично закрытый реактор в течение $(0,5\pm 1)$ минуты давлением 2 кгс/см^2 . Затем в реактор подаются согласно рецептурам растворы и прочие добавки. Растворы ПВХ- смолы, полиметилметакрилата, растворители подаются в реактор из расходных ёмкостей по трубопроводу через мерник, полиэфируретан и прочие компоненты дозируются через люк реактора.

Готовность раствора определяется по однородной плёнке на стекле. Готовый раствор проверяется на вязкость, сухой остаток и затем передавливается инертным газом (CO_2) давлением 2 кгс/см^2 в расходные ёмкости или бидоны.

Контролируемые параметры: время совмещения, готовность раствора, условная вязкость, сухой остаток, точность дозировки.

Приготовление печатной краски.

Печатная краска готовится путём совмещения раствора ПВХ-смолы,

Полиметилметакрилата или растворов других полимеров с растворами микролитов, пигментных форм или колеров соответствующего цвета и разбавлением до необходимой вязкости растворителями : этилацетатом, бутилацетатом, диметилформамидом. Для приготовления печатной краски дисперсность пасты колера должна быть не более 10 мкм.

Растворение микролитов, пигментных форм, паст колеров в этилацетате.

Для совмещения в процессе приготовления печатной краски готовятся растворы микролитов, пигментных форм, паст колеров в этилацетате различных цветов, в различном соотношении с растворителем, исходя из необходимой интенсивности и вязкости растворов.

Расчётное количество микролита, пигментной формы, пасты колера и этилацетата взвешивается и дозируется в бидон. Растворение ведётся под мешалкой “Деспа” в токе инертного газа с избыточным давлением под крышкой бидона при температуре помещения. Время растворения не менее 2-х часов, готовность определяется полнотой растворения микролита по однородной плёнке на стекле. Бидон с готовым раствором герметично закрывается для дальнейшего использования при приготовлении печатных красок.

На бачок с готовым раствором наклеивается этикетка с указанием цвета, номера колера.

Контролируемые параметры: полнота растворения, точность дозировки.

Совмещение растворов при приготовлении печатной краски.

В бидон дозируются согласно рецептуре : раствор полимера, растворы различных микролитов, пигментных форм, паст колеров в зависимости от цвета, растворитель. Совмещение растворов производится под мешалкой

“Деспа” в течение (30 ± 10) минут в токе инертного газа с избыточным давлением под крышку.

Готовая краска проверяется на вязкость и затем в герметично закрытой таре транспортируется к расходному бачку печатно-отделочной машины.

Бидоны с готовой краской должны быть снабжены этикетками с указанием : вида продукции ; номера образца ; цвета. Контролируемые параметры : вязкость , точность дозирования.

2.2.18 .Нанесение печатного, отделочного растворов на лицевую поверхность полуфабриката.

Отделочный раствор по трубопроводу или вручную из бидона заливается в расходный бачок печатно-отделочной машины. Печатная краска доставляется к бачку машины в герметично закрытой таре и вручную заливается в бачок.

Нанесение печатных и отделочных растворов производится при помощи специальных печатных валов, валов “пико”.

Рулон полуфабриката устанавливается при помощи электропогрузчика на разматывающее устройство, через компенсатор, систему роликов, материал подаётся на наносное устройство в зазор между наносным и обрезиненным валом. Верхний обрезиненный вал прижимается к отделочному или печатному валу при помощи грузов. Равномерность нанесения растворов регулируется прижимом обрезиненного вала и ракля.

После наносного устройства полуфабрикат поступает в предварительно нагретую сушильную камеру. Удаление растворителей с поверхности печатного или отделочного слоёв производится встречным потоком горячего воздуха. Интенсивность удаления растворителей , качество плёнки печатного или отделочного слоёв определяется температурой в камере, скоростью движения материала в камере, объемом обдуваемого воздуха.

По окончании процесса раствор сливается в расходный бачок, в ванну заливается соответствующий растворитель и вал промывается на холостом

ходу в течение (5±20) минут при закрытой капсуляции и работающей технологической вентиляции. После чего отработанный растворитель сливается в герметично закрывающуюся тару и транспортируется к установке “Вихрь” для сжигания.

По окончании процесса нанесение отделочного водорастворимого лака на поверхность искусственных кож различного назначения и армированных материалов отделочный состав сливается из ванны в отдельную ёмкость в зависимости от марки лака. Вал “пико”, обрешиненный наносной вал, а также ракля как можно быстрее тщательно протираются горячей водой с растворённым в ней хозяйственным мылом во избежание засыхания лака на указанных видах оснастки. Слитые остатки отделочного водорастворимого лака подлежат повторному их использованию.

Слитую печатную краску допускается разбавить этилацетатом до рабочей вязкости, откорректировать по цвету, отфильтровать и вновь запустить в производство. Из сушильной камеры материал подаётся на охлаждающие барабаны и далее на намоточное устройство.

Рулоны готовой продукции транспортируются электропогрузчиком во взрывобезопасном исполнении к браковочным машинам.

Контролируемые параметры: температура в камерах, скорость прохождения материала, масса единицы площади печатного и отделочного раствора, разрежение в воздуховодах, качество печати и отделки, соответствие образцу-эталону.

2.2.22. Приёмочный контроль качества, маркировка, упаковка готовой продукции.

Рулоны готовой продукции при помощи электрического тельфера устанавливаются на размоточное устройство браковочной машины, материал подаётся на браковочный стол, где при нормально-отражённом свете производится проверка внешнего вида просмотром лицевой стороны на

соответствие НТД. В процессе разбраковки отбираются образцы на испытание физико-механических показателей.

Приёмочный контроль качества готовой продукции производится согласно ГОСТ 25451-82 и действующей НТД на готовую продукцию.

Маркировка, упаковка, транспортировка и хранение производится в соответствии с действующей НТД.

2.3. РАЗРАБОТКА И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СТАТИСТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ КОНТРОЛЯ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ВИНИЛИСКОЖИ-Т ОБИВИЧНОЙ.

Повышение качества является важной задачей современного производства в связи с усилением конкуренции.

Одним из способов достижения удовлетворительного качества и поддержания его на этом уровне является применение контрольных карт.

В данной работе были построены контрольные карты Шухарта, контрольные карты кумулятивных сумм, контрольные карты арифметического среднего с предупреждающими границами – для готовой продукции - винилискожи-Т обивочной, сырья и параметров технологического процесса. С помощью перечисленных контрольных карт мы можем увидеть, как качество сырья и параметры технологического процесса оказывают влияние на качество готовой продукции.

2.3.1. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

Исходными данными для контроля качества винилискожи-Т обивочной являются значения массы 1м^2 , измеренные при контроле качества выпускаемой продукции. Для анализа используем значения измеренные в течении одного месяца таблица 12.

Таблица 12

Исходные данные для контроля качества винилискожи-Т обивочной

Число	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Масса 1 м ²	700	625	690	625	700	670	685	645	670	705	645	695	675	685	670
	690	630	700	640	710	650	670	660	680	685	650	700	670	670	650
	695	690	710	660	680	690	690	650	660	700	670	690	690	690	690
Число	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Масса 1 м ²	690	645	670	710	645	695	680	625	690	670	680	660	645	675	635
	670	660	685	670	650	700	670	630	700	675	675	665	630	680	640
	690	665	660	700	670	690	690	620	695	690	690	690	655	650	610

В качестве результатов контроля сырья и материалов рассмотрим результаты контроля основного сырья, используемого при производстве винилискожи-Т обивочной: поливинилхлорида суспензионного С 7059 М (табл. 13), пластификатора ДОФ (табл. 14), пластификатора ДОА (табл. 15).

Для анализа используем значения измеренные в течении одного месяца.

Исходными данными для контроля качества поливинилхлорида-суспензионного являются показатели: количество загрязнений и посторонних включений; значение «К»; насыпная плотность; массовая доля влаги и летучих веществ; остаток на сите с сеткой (табл. 13).

Таблица 13

Результаты контроля поливинилхлорида суспензионного

Номер выборки	Наименование показателей				
	Количество загрязнений и посторонних включений, н/б 16	Значение К н/б 73	Насыпная плотность , г/см ³ н/б 0,6	Массовая доля влаги и летучих веществ, %, н/б 0,3	Остаток на сите с сеткой, %, н/б 0,5
1	2	3	4	5	6
1	12	72	0,48	0,1	0,1
2	9	72	0,52	0,2	0,17

Продолжение таблицы 13

1	2	3	4	5	6
3	10	72	0,5	0,1	0,11
4	12	72	0,49	0,11	0,1
5	8	72	0,5	0,18	0,1
6	6	71,8	0,52	0,12	0,1
7	6	71,3	0,51	0,13	0,1
8	8	72	0,51	0,12	0,1
9	8	72	0,48	0,12	0,1
10	8	72	0,5	0,17	0,1
11	6	72	0,51	0,14	0,1
12	10	71,8	0,53	0,13	0,1
13	8	72	0,52	0,1	0,1
14	8	72	0,53	0,13	0,1
15	8	72	0,51	0,15	0,1
16	8	72	0,5	0,14	0,1
17	10	72	0,45	0,15	0,2
18	10	72	0,54	0,0081	0,1
19	10	71,3	0,48	0,11	0,1
20	10	71,8	0,50	0,084	0,1
21	10	72	0,46	0,11	0,1
22	12	72	0,52	0,089	0,1
23	10	72	0,52	0,1	0,1
24	12	72	0,5	0,1	0,1
25	10	72,3	0,53	0,076	0,1
26	10	72	0,48	0,1	0,1
27	10	72	0,5	0,081	0,1
28	8	72	0,5	0,07	0,1
29	4	71,3	0,47	0,054	0,1
30	6	71,3	0,48	0,053	0,1

Исходными данными для контроля качества пластификатора ДОФ являются показатели: плотность при 20°C ; кислотное число; температура вспышки; массовая доля летучих веществ (табл. 14).

Результаты контроля пластификатора ДОФ

Номер выбор- ки	Наименование показателей			
	Плотность при 20°C н/б 0,986	Кислотное число, мг КОН н/б 0,1	Температура вспышки °С н/м 194	Массовая доля летучих веществ, %, н/б 0,1
1	0,983	0,04	218	0,1
2	0,983	0,026	217	0,1
3	0,983	0,036	217	0,1
4	0,983	0,028	218	0,1
5	0,983	0,039	215	0,1
6	0,982	0,072	218	0,1
7	0,982	0,05	218	0,1
8	0,982	0,07	220	0,1
9	0,983	0,037	219	0,086
10	0,983	0,03	218	0,068
11	0,983	0,03	217	0,07
12	0,983	0,031	218	0,1
13	0,982	0,06	217	0,1
14	0,982	0,043	218	0,1
15	0,983	0,031	217	0,1
16	0,982	0,044	220	0,064
17	0,983	0,041	217	0,079
18	0,982	0,036	216	0,1
19	0,982	0,041	217	0,092
20	0,982	0,052	217	0,071
21	0,982	0,048	218	0,1
22	0,982	0,04	220	0,1
23	0,982	0,03	223	0,1
24	0,982	0,058	218	0,1
25	0,982	0,044	217	0,1
26	0,982	0,05	219	0,1
27	0,982	0,041	218	0,1
28	0,982	0,06	218	0,06
29	0,982	0,049	218	0,1
30	0,982	0,061	219	0,1

Исходными данными для контроля качества пластификатора ДОО являются показатели: плотность при 20°C ; кислотное число; температура вспышки (табл. 15).

Результаты контроля пластификатора ДОА

Число	Плотность при 20°C н/б 0,930	Кислотное число мг/КОН н/б 0,1	температура вспышки, °C н/м 194
1	0,924	0,086	196
2	0,923	0,064	194
3	0,923	0,082	196
4	0,925	0,071	196
5	0,925	0,056	196
6	0,930	0,043	195
7	0,927	0,023	195
8	0,923	0,032	194
9	0,927	0,032	196
10	0,923	0,021	195
11	0,925	0,041	195
12	0,927	0,051	195
13	0,924	0,072	194
14	0,924	0,072	196
15	0,928	0,068	196
16	0,926	0,049	194
17	0,919	0,022	195
18	0,926	0,085	195
19	0,924	0,065	195
20	0,923	0,081	196
21	0,925	0,046	194
22	0,930	0,057	195
23	0,927	0,068	196
24	0,923	0,071	196
25	0,927	0,056	196
26	0,923	0,043	195
27	0,925	0,023	195
28	0,927	0,032	194
29	0,924	0,051	196
30	0,924	0,072	195

В качестве результатов контроля показателей технического процесса рассмотрим: температуру смесителя, температуру выгружаемой смеси, величину каландра № 1 (плёнки), величину каландра № 2 (плёнки), скорость каландровой линии, ширину материала.

На основе этих исходных данных были сделаны расчёты и построены контрольные карты Шухарта, контрольные карты кумулятивных сумм и контрольные карты для арифметического среднего с предупреждающими границами - для массы 1 м² винилискожи-Т обивочной, для сырья и для параметров технологического процесса.

2.3.2. Построение и интерпретация контрольных карт для винилискожи-Т обивочной.

Чтобы выяснить, находится ли процесс в статистически управляемом состоянии построим и проанализируем двойные X-R контрольные карты Шухарта, контрольные карты кумулятивных сумм, контрольные карты арифметического среднего с предупреждающими границами – для массы 1 м² винилискожи-Т обивочной.

Двойные X-R контрольные карты Шухарта (значения массы 1 м² винилискожи-Т обивочной)

X1 :=	X2 :=	X3 :=
$\left(\begin{array}{c} 700 \\ 625 \\ 690 \\ 625 \\ 700 \\ 670 \\ 685 \\ 645 \\ 670 \\ 705 \\ 645 \\ 695 \\ 675 \\ 685 \\ 670 \\ 690 \\ 645 \\ 670 \\ 710 \\ 645 \\ 695 \\ 680 \\ 625 \\ 690 \\ 670 \\ 680 \\ 660 \\ 645 \\ 675 \\ 635 \end{array} \right)$	$\left(\begin{array}{c} 690 \\ 630 \\ 700 \\ 640 \\ 710 \\ 650 \\ 670 \\ 660 \\ 680 \\ 685 \\ 650 \\ 700 \\ 670 \\ 670 \\ 650 \\ 670 \\ 660 \\ 685 \\ 670 \\ 650 \\ 700 \\ 670 \\ 630 \\ 700 \\ 675 \\ 675 \\ 665 \\ 630 \\ 680 \\ 640 \end{array} \right)$	$\left(\begin{array}{c} 695 \\ 690 \\ 710 \\ 660 \\ 680 \\ 690 \\ 690 \\ 650 \\ 660 \\ 700 \\ 670 \\ 690 \\ 690 \\ 690 \\ 690 \\ 690 \\ 690 \\ 665 \\ 660 \\ 700 \\ 670 \\ 690 \\ 690 \\ 620 \\ 695 \\ 690 \\ 690 \\ 690 \\ 655 \\ 650 \\ 610 \end{array} \right)$

$$n1 := \text{length}(X1) \quad n1 = 30$$

$$i := 0..n1 - 1$$

$$n2 := \text{length}(X2) \quad n2 = 30$$

$$i := 0..n2 - 1$$

$$n3 := \text{length}(X3) \quad n3 = 30$$

$$i := 0..n3 - 1$$

$$X_i := \text{mean}(X1_i, X2_i, X3_i)$$

$$X^T =$$

	0	1	2	3	4	5	6	7	8
0	695	648.333	700	641.667	696.667	670	681.667	651.667	670

$$N := \text{length}(X) \quad n1 = 30$$

$$i := 0..N - 3$$

Определим скользящие размахи Rc , которые тоже представим в виде матрицы:

$$Rc_i := |X_i - X_{i+1}|$$

$$Rc^T =$$

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	46.667	51.667	58.333	55	26.667	11.667	30	18.333	26.667	41.667

Определяем среднее значение:

$$X_{\text{ср}} := \text{mean}(X) \quad X_{\text{ср}} = 671.944$$

$$n := \text{length}(X)$$

Определяем среднее значение размахов:

$$R_{\text{ср}} := \text{mean}(Rc) \quad R_{\text{ср}} = 29.167$$

Построение X - Карты

Коэффициенты

$$d_2 := 1.128$$

$$E_2 := \frac{3}{d_2}$$

$$E_2 = 2.66$$

Центральная линия

$$CL1 := X_{\text{ср}}$$

Верхняя контрольная линия

$$UCL1 := X_{\text{ср}} + E_2 \cdot R_{\text{ср}}$$

$$UCL1 = 749.515$$

Разбиваем контрольную карту на зоны :

$$\text{Zone} := \frac{UCL1 - CL1}{3} \quad \text{Zone} = 25.857$$

$$UBC1 := CL1 + \text{Zone} \quad UBC1 = 697.801$$

$$UAB1 := CL1 + 2 \cdot \text{Zone} \quad UAB1 = 723.658$$

$$i := 0..n - 1$$

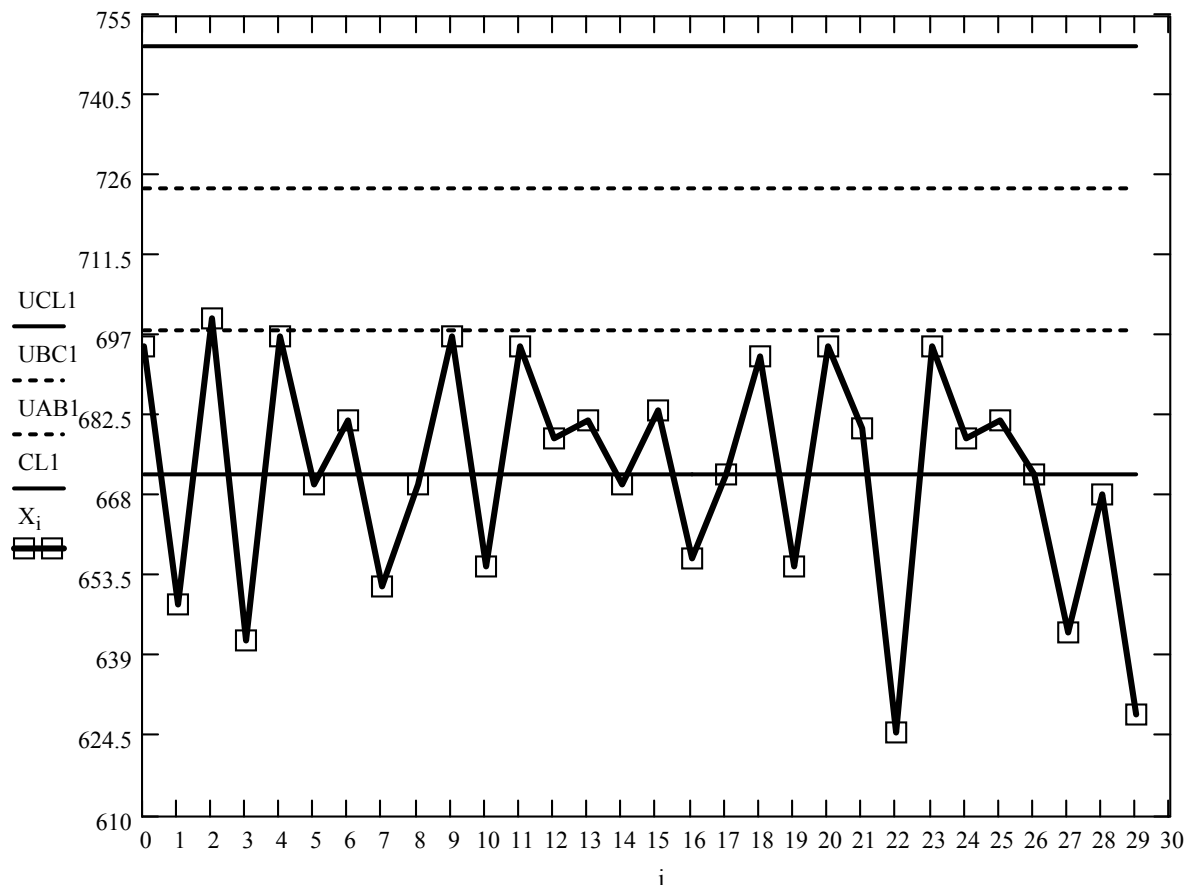


Рис. 15. X- карта процесса

Построение R - Карты

Коэффициенты

$$D_3 := 0 \quad D_4 := 3.267$$

Центральная линия

$$CL2 := R_{ср}$$

Верхняя контрольная линия

$$UCL2 := D_4 \cdot R_{ср} \quad UCL2 = 95.287$$

Нижняя контрольная линия

$$LCL2 := D_3 \cdot R_{ср} \quad LCL2 = 0$$

Разбиваем контрольную карту на зоны :

$$Zone1 := \frac{CL2 - LCL2}{3} \quad Zone2 := \frac{UCL2 - CL2}{3}$$

$$LBC2 := CL2 - Zone1 \quad LBC2 = 19.444$$

$$LAB2 := CL2 - 2 \cdot Zone1 \quad LAB2 = 9.722$$

$$UBC2 := CL2 + Zone2 \quad UBC2 = 51.207$$

$$UAB2 := CL2 + 2 \cdot Zone2 \quad UAB2 = 73.247 \quad i := 0..n - 2$$

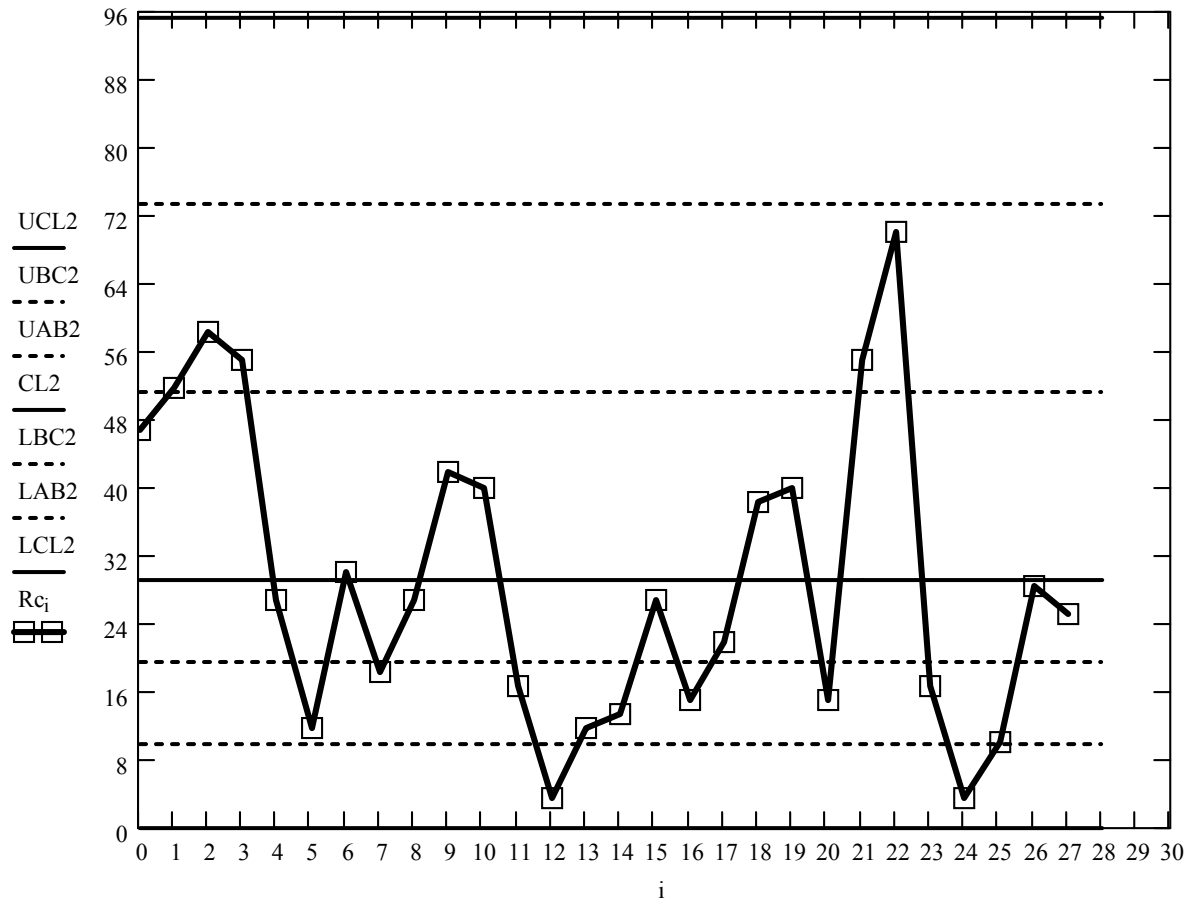


Рис. 16. R- карта процесса

Интерпретация X-карты (рис. 15), которая показывает где находится среднее процесса и его стабильность. Эта карта показывает, что при стандартной обработке верхняя контрольная граница равна 749,515, в то время как стандартные значения установлены на уровне не более 700 г/м², а это означает, что норматив установлен без учёта параметров технологического процесса. Процесс, находясь, в статистически управляемом состоянии, может выйти за границу установленного стандартного значения. Эту проблему решаем путём смещения среднего процесса нанесения печатно-отделочного раствора на иглопробивную ткань за счет изменения зазора между барабанами машины, увеличения скорости каландровой линии, а также повысив температуру в смесителе, и уменьшения верхней контрольной границы на X-карте, которая будет равна 700, путём изменения настроек оборудования, т.е. технологическое оборудование, такое как каландр и печатно-отделочная машина, должно быть настроено на новое среднее процесса 622,429 г/м², вместо установленного сейчас 671,944 г

X-карта показывает, что на ней есть критерий: 2 критерий – 7 точек подряд находятся в зоне С или по одну сторону от центральной линии – присутствует для точек 11-22.

Чтобы получить более полную картину о ходе технологического процесса **проанализируем R-карту**, (рис. 16) которая показывает изменчивость процесса. Она показывает, что на ней есть критерий: 2 критерий – 7 точек подряд находятся в зоне С – присутствует для точек 11-17.

Построение X - Карты

(изменённая верхняя контрольная линия)

Коэффициенты

$$d_2 := 1.128 \quad E_2 := \frac{3}{d_2}$$

Верхняя контрольная линия

$$UCL3 := 700$$

Определяем среднее значение:

$$X_{ср} := UCL3 - E_2 \cdot R_{ср} \quad X_{ср} = 622.429$$

Центральная линия

$$CL3 := X_{ср} \quad CL3 = 622.429$$

Разбиваем контрольную карту на зоны :

$$Zone := \frac{UCL3 - CL3}{3} \quad Zone = 25.857$$

$$UBC3 := CL3 + Zone \quad UBC3 = 648.286$$

$$LBC3 := CL3 - Zone \quad LBC3 = 596.572$$

$$UAB3 := CL3 + 2 \cdot Zone \quad UAB3 = 674.143$$

$$LAB3 := CL3 - 2 \cdot Zone \quad LAB3 = 570.715 \quad i := 0..n - 1$$

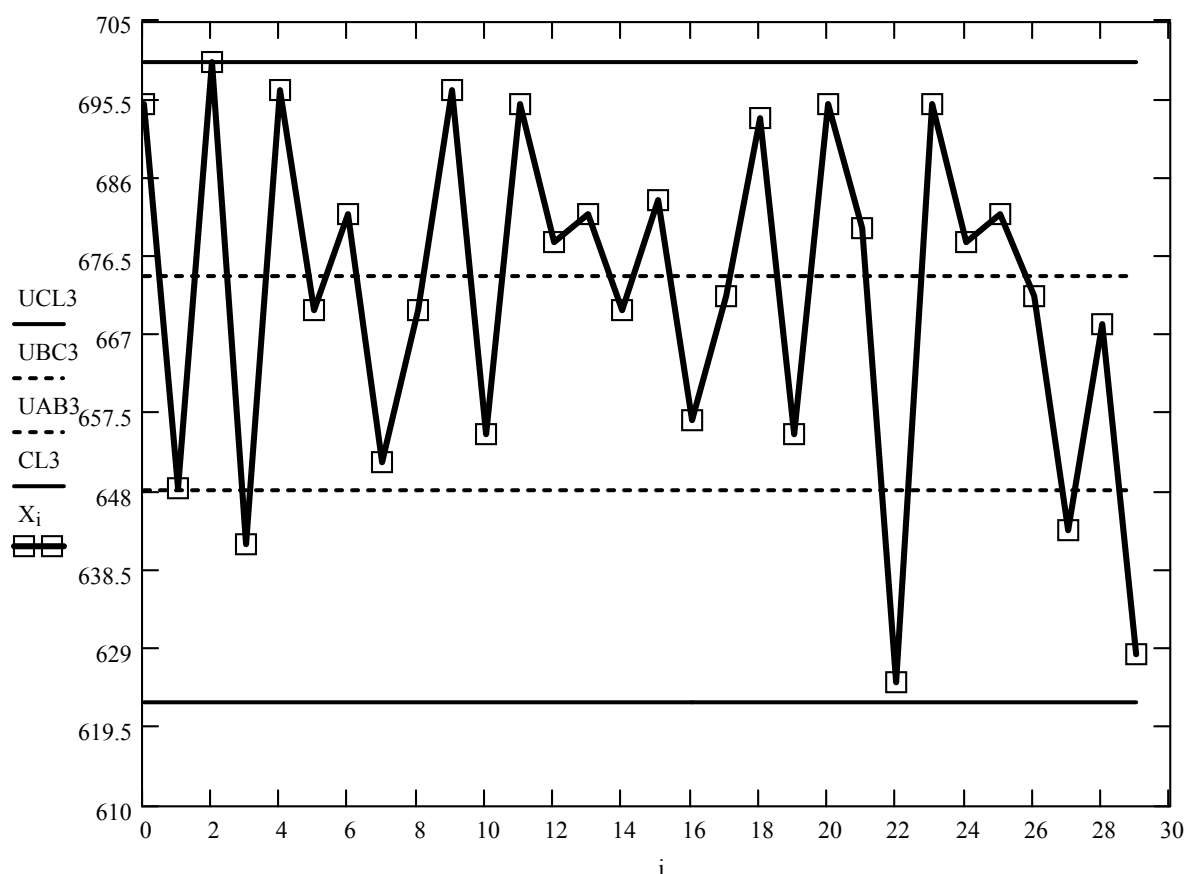


Рис. 17. X- карта процесса

Построение R - Карты

(изменённая верхняя контрольная линия)

Коэффициенты

$$D_3 := 0$$

$$D_4 := 3.267$$

Центральная линия

$$CL2 := R_{ср}$$

Верхняя контрольная линия

$$UCL2 := D_4 \cdot R_{ср}$$

Нижняя контрольная линия

$$LCL2 := D_3 \cdot R_{ср}$$

Разбиваем контрольную карту на зоны :

$$Zone1 := \frac{CL2 - LCL2}{3} \quad Zone2 := \frac{UCL2 - CL2}{3}$$

$$LBC2 := CL2 - Zone1 \quad LBC2 = 19.444$$

$$LAB2 := CL2 - 2 \cdot Zone1 \quad LAB2 = 9.722$$

$$UBC2 := CL2 + Zone2 \quad UBC2 = 51.207$$

$$UAB2 := CL2 + 2 \cdot Zone2 \quad UAB2 = 73.247 \quad i := 0..n - 2$$

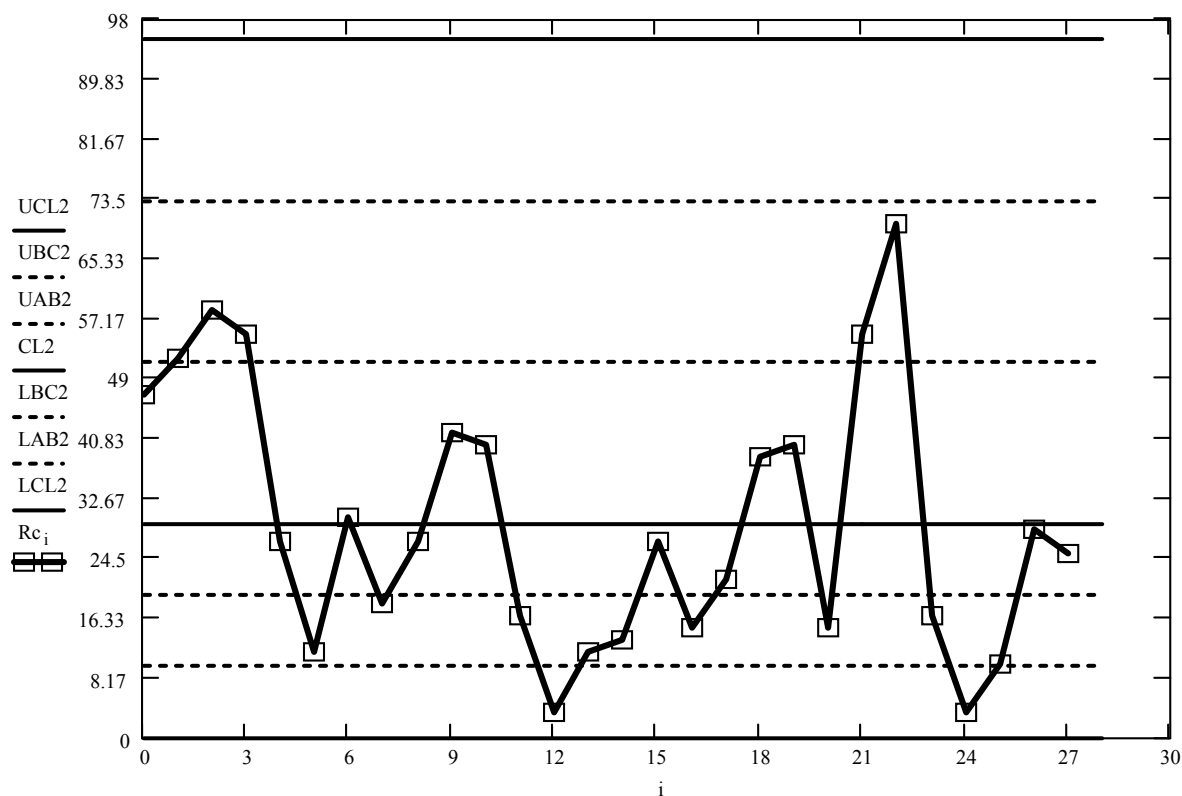


Рис. 18. R- карта процесса

Интерпретация X-карты (изменённая верхняя контрольная линия):

(рис. 17) на этой карте видим наличие критерия: критерий 2 –7 точек подряд находятся в зоне С или по одну сторону от центральной линии – присутствует для всех точек. Критерий 7- 2 из 3 последовательных точек находятся в зоне А- присутствует для точек: 1-3; 3-5; 5-7; 10-12; 14-16; 19-21; 22-24.

Критерий 8 - 4 из 5 последовательных точек лежат вне зоны В - присутствует для точек: 1-5.

На построенных картах имеются особые структуры. Это говорит о том, что на процесс действуют не случайные причины, среди которых присутствуют характеристики сырья и характеристики поддержания технологического процесса .

КОНТРОЛЬНЫЕ КАРТЫ КУМУЛЯТИВНЫХ СУММ ДЛЯ СРЕДНИХ ЗНАЧЕНИЙ:

T - опорное значение

$$T := 700$$

$$j := 0.. 29$$

C_j - кумулятивные суммы

Рассчитаем кумулятивную сумму отклонений:

$$C_j := \sum_{j=0}^j (X_j - T)$$

$C^T =$	0	1	2	3	4	5	6	7
0	-5	-56.667	-56.667	-115	-118.333	-148.333	-166.667	-215

X_{cp} - среднее арифметическое для значений массы

Определяем среднее значение:

$$X_{cp} := \text{mean} (X) \quad X_{cp} = 671.944$$

σ - среднеквадратичное отклонение

$$n := 30$$

$$\sigma := \sqrt{\frac{\sum_{j=0}^{29} (X_j - X_{cp})^2}{n-1}} \quad \sigma = 21.005$$

Определяем масштаб :

$$A := 2 \cdot \sigma \quad A = 42.01$$

Построение шаблона усечённой V-маски :

Построение локальной разрешающей линии :

$$KR := 0 \quad K := 5$$

$$X1 := \begin{pmatrix} K - 10 \\ K \\ K \\ K - 10 \end{pmatrix} \quad Y := \begin{pmatrix} C_K + 10 \cdot \sigma \\ C_K + 5 \cdot \sigma \\ C_K - 5 \cdot \sigma \\ C_K - 10 \cdot \sigma \end{pmatrix}$$

$$YRU := \begin{pmatrix} C_{KR} + 5 \cdot \sigma \\ C_{KR} + 10 \cdot \sigma \end{pmatrix} \quad XRU := \begin{pmatrix} KR \\ KR + 10 \end{pmatrix}$$

$$YRL := \begin{pmatrix} C_{KR} - 5 \cdot \sigma \\ C_{KR} - 10 \cdot \sigma \end{pmatrix} \quad XRL := \begin{pmatrix} KR \\ KR + 10 \end{pmatrix}$$

Контрольные карты кумулятивных сумм (КУСУМ-карты) для размахов

$$i := 0..28$$

Определим скользящие размахи R_c , которые тоже представим в виде матрицы :

$$R_{c_i} := |X_i - X_{i+1}|$$

$$R_c^T =$$

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	46.667	51.667	58.333	55	26.667	11.667	30	18.333	26.667	41.667

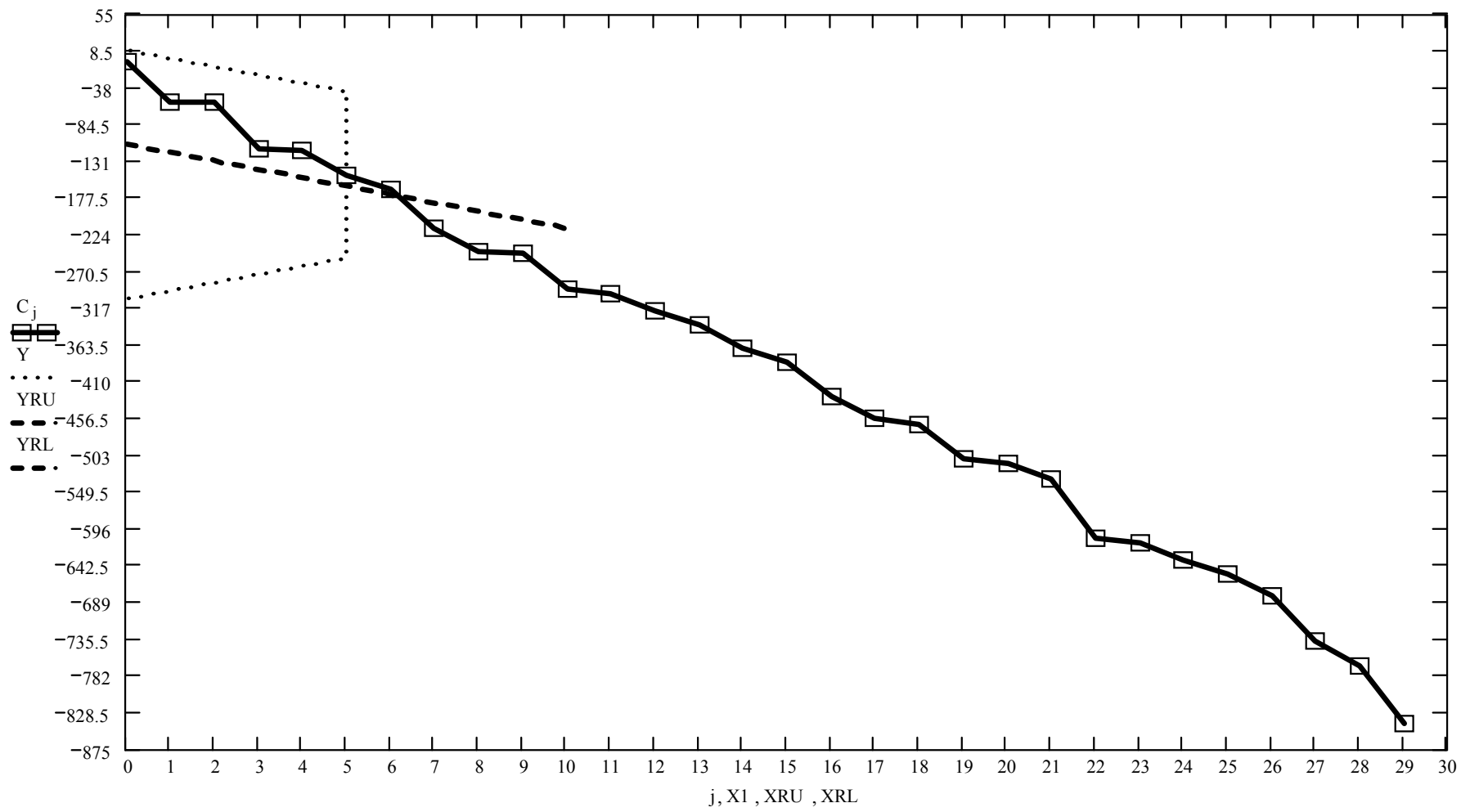


Рис. 19. КУСУМ контрольная карта для арифметического среднего

Определяем среднее скользящих размахов:

μ - среднее значение скользящих размахов

$$\mu := \text{mean}(Rc) \quad \mu = 29.54$$

Рассчитаем кумулятивную сумму отклонений:

$$Cr_i := \sum_{i=0}^i (Rc_i - \mu)$$

$$Cr^T =$$

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	17.126	39.253	68.046	93.506	90.632	72.759	73.218	62.011	59.138	71.264

$$m := 29$$

среднеквадратичное отклонение :

$$\sigma_1 := \sqrt{\frac{\sum_{i=0}^{28} (Rc_i - \mu)^2}{m-1}} \quad \sigma_1 = 17.671$$

Построение шаблона усечённой V-маски :

Построение локальной разрешающей линии :

$$K1 := 16$$

$$KR1 := 6$$

$$YRU1 := \begin{pmatrix} Cr_{KR1} + 5 \cdot \sigma_1 \\ Cr_{KR1} + 10 \cdot \sigma_1 \end{pmatrix}$$

$$XRU1 := \begin{pmatrix} KR1 \\ KR1 + 10 \end{pmatrix}$$

$$Y22 := \begin{pmatrix} Cr_{K1} + 10 \cdot \sigma_1 \\ Cr_{K1} + 5 \cdot \sigma_1 \\ Cr_{K1} - 5 \cdot \sigma_1 \\ Cr_{K1} - 10 \cdot \sigma_1 \end{pmatrix}$$

$$X22 := \begin{pmatrix} K1 - 10 \\ K1 \\ K1 \\ K1 - 10 \end{pmatrix}$$

$$YRL1 := \begin{pmatrix} Cr_{KR1} - 5 \cdot \sigma_1 \\ Cr_{KR1} - 10 \cdot \sigma_1 \end{pmatrix}$$

$$XRL1 := \begin{pmatrix} KR1 \\ KR1 + 10 \end{pmatrix}$$

Интерпретация КУСУМ- карты для средних значений

КУСУМ карта (рис. 19) представляет из себя кривую которая идёт вниз для наблюдений 1-29 (включительно). Можно сделать выводы:

Наблюдения 1-29 представляют выборку из совокупности, среднее которой менее 700;

На КУСУМ- карту средних значений наложим шаблон усеченной V-маски, примененный в двух точках карты для данных значений. Значение $\hat{\sigma}$ принимают равным 21,005. При наложении шаблона на номер 4 эта кривая остается между лучами. Начиная с 5 номера, при наложении шаблона кривая касается верхней разрешающей линии, указывая, что к этому времени имеется достаточно информации о сдвиге от опорного значения вниз, это сигнал о значимом отклонении процесса от целевого значения.

Локальные разрешающие линии, построенные на КУСУМ- карте средних значений, показывают, что линия, проходящая через точку, полученную для номера наблюдения 1, указывает на номер наблюдения 7, то есть тогда, когда есть смещение от цели вниз в соответствии с линиями усеченной V-маски.

Интерпретация КУСУМ- карты для размахов (рис. 20) можно разделить на 6 частей. Кривая КУСУМ идёт вверх для наблюдений 1-3 (включительно). Кривая идет вниз для наблюдений 4-8 (несмотря на локальные выбросы для наблюдения 7). Кривая идет вверх для наблюдений 9-10(включительно) . Кривая идет вниз для наблюдений 11-17(включительно). Кривая идет вверх для наблюдений 18-22 (несмотря на локальные выбросы для наблюдения 21). Кривая идет вниз для наблюдений 23-29 (несмотря на локальные выбросы для наблюдения 29).

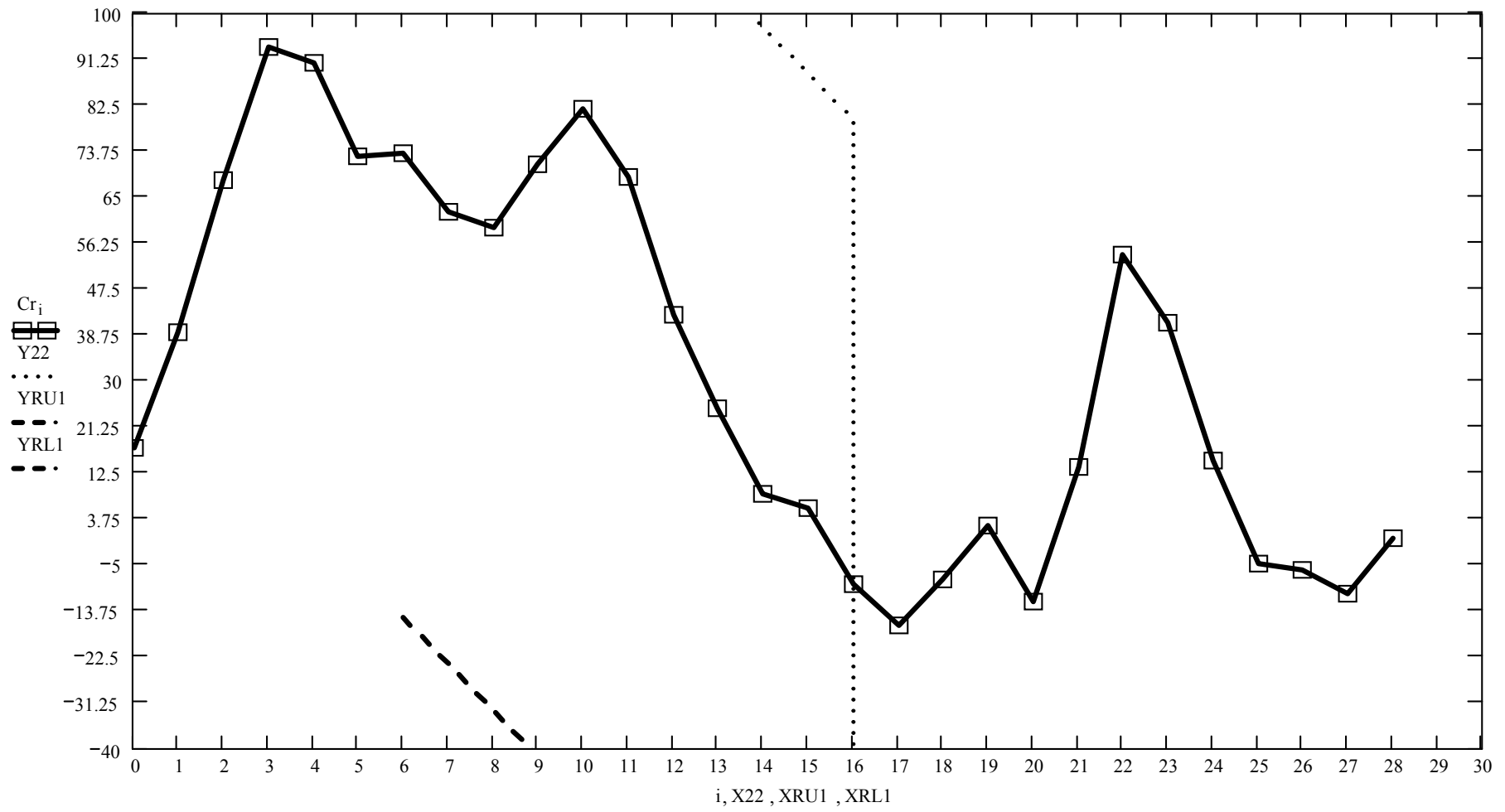


Рис. 20. КУСУМ карта для размахов.

На КУСУМ- карту размахов наложим шаблон усеченной V-маски, примененный в одной точке карты для данных значений. Значение $\hat{\sigma}$ принимают равным 17,671. При наложении шаблона на номер 16 эта кривая остается между лучами, как и при наложении шаблона на любой другой номер. Так как вся кривая КУСУМ находится между лучами, то существенного сдвига нет.

Локальные разрешающие линии, построенные на КУСУМ- карте размахов показывают, что ни одна из точек графика не пересекает предупреждающие границы и все точки находятся в целевой зоне. Следовательно, процесс находится в статистически управляемом состоянии.

Контрольная карта для арифметического среднего с предупреждающими границами ($X_{ср}=671,944$)

$$n := 1$$

$$\text{Центральная линия: } \mu_0 := 671.944$$

$$\text{среднее значение: } X_{ср} := 671.944$$

$$\text{Среднеквадратичное отклонение: } \sigma := 21.00:$$

значения параметров:

$$B1 := 2.75 \quad B2 := 1.0$$

$$\text{Верхняя граница регулирования: } U1 := \mu_0 + B1 \cdot \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \quad U1 = 729.708$$

$$\text{Верхняя предупреждающая граница: } U2 := \mu_0 + B2 \cdot \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \quad U2 = 692.949$$

$$m := 0..29$$

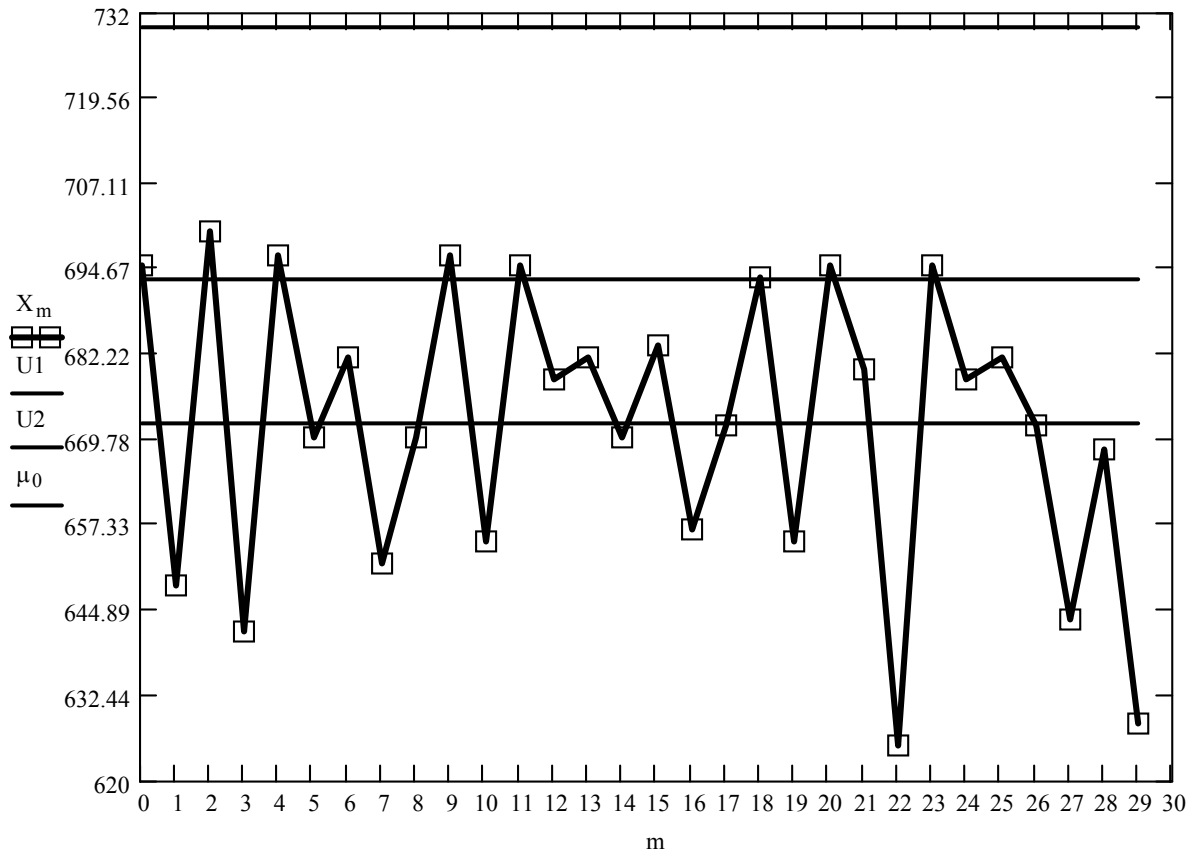


Рис. 21. КК арифметического среднего с предупреждающими границами.
 Контрольная карта для арифметического среднего с предупреждающими границами для уменьшенного допуска ($X_{\text{ср}}=622,429$):

среднее значение: $X_{\text{ср}} := 622.429$

Центральная линия: $\mu_0 := 622.429$

$n := 1$

Верхняя граница регулирования: $U1 := \mu_0 + B1 \cdot \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$ $U1 = 680.193$

Среднее квадратичное отклонение: $\sigma := 21.00$:

Верхняя предупреждающая граница: $U2 := \mu_0 + B2 \cdot \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$ $U2 = 643.434$

значения параметров: $B1 := 2.75$ $B2 := 1.0$

$N1 := 70$ $m := 0..29$

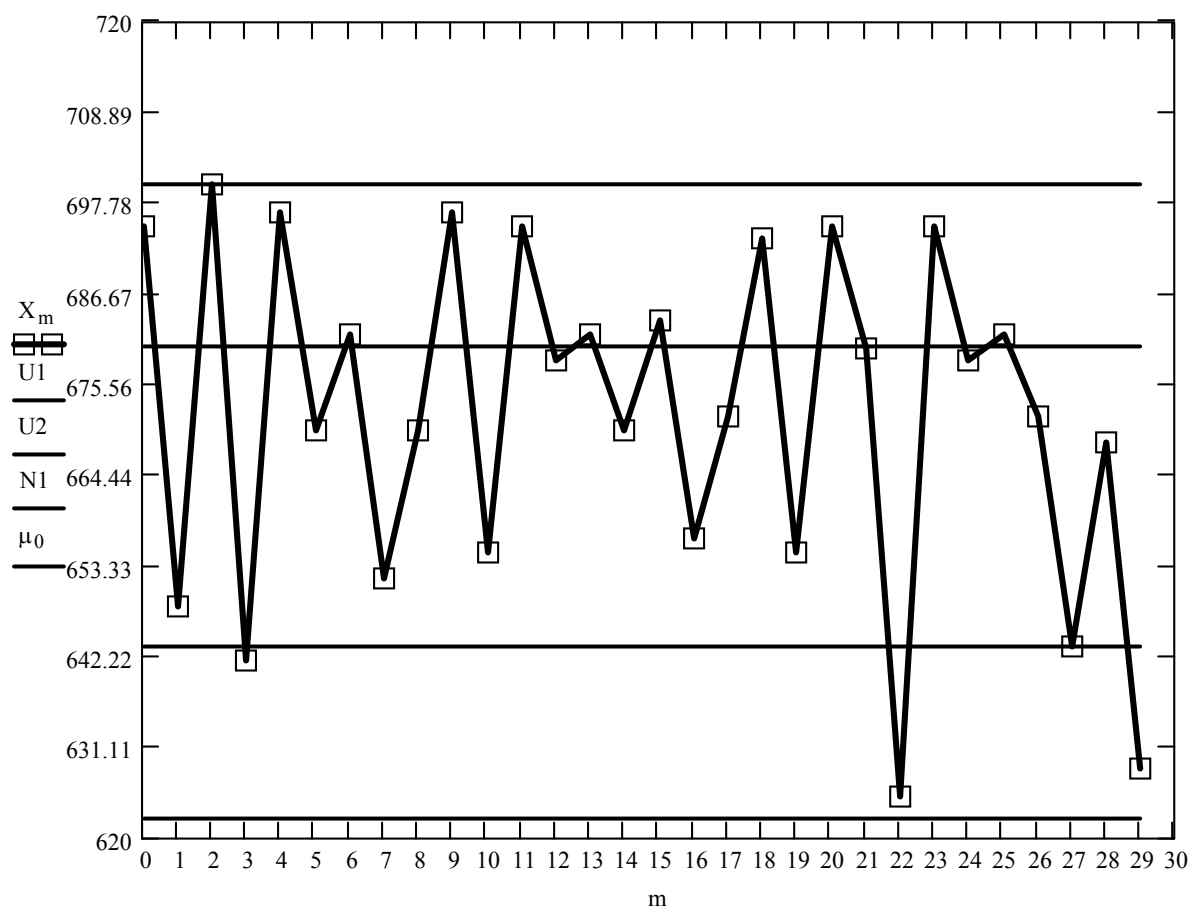


Рис. 22. КК арифметического среднего с предупреждающими границами (уменьшенный допуск).

Интерпретация контрольной карты арифметического среднего с предупреждающими границами ($X_{ср}=671,944$).

Когда процесс находится в статистически управляемом состоянии и имеет односторонний критерий, выделяют три зоны качества:

- а) зону T (целевую): выборочное среднее арифметическое находится ниже верхней предупреждающей границы;
- б) зону W+ (предупреждающую): выборочное среднее арифметическое находится между предупреждающей границей и границей регулирования;
- в) зону A+ (критическую): выборочное среднее арифметическое находится за пределами границы регулирования.

Обратим внимание на то, что точки 1; 3; 5; 10; 12; 19; 21; 24 (рис. 21) находятся в зоне W+ (предупреждающей) -это может быть сигналом о том, что процесс стремится к выходу из статистически управляемого, но корректировка процесса не может быть произведена, так как в соответствии с

принятой процедурой этих точек должно быть две (т.е. две точки подряд), в нашем случае этого не наблюдается.

Корректировка должна быть осуществлена немедленно, при первом же значении X больше 729,708 (т.е. больше значения верхней границы регулирования), но на данной карте такого значения нет.

Интерпретация контрольной карты арифметического среднего с предупреждающими границами ($X_{ср}=622,429$):

Обратим внимание на то, что точки 1; 3; 5; 7; 10; 12; 14; 16; 19; 21; 24; 26 (рис. 22) находятся в зоне А+ (критической) - это сигналом о выходе процесса из-под контроля.

Корректировка должна быть осуществлена немедленно, т.к. есть точки значение X которых больше 622,429 (т.е. больше значения верхней границы регулирования).

2.3.3. Построение и интерпретация контрольных карт для сырья.

Чтобы выяснить, как качество сырья влияет на качество винилискожи-Т обивочной, построим и проанализируем двойные X-R контрольные карты Шухарта, контрольные карты кумулятивных сумм, контрольные карты арифметического среднего с предупреждающими границами – для сырья:

1) поливинилхлорида суспензионного С 7059 М: а) количество загрязнений и посторонних включений; б) коэффициент «К»; в) насыпная плотность; г) массовая доля влаги и летучих веществ; д) остаток на сите с сеткой.

2) пластификатора ДОФ: а) плотность при 20°C; б) кислотное число; в) температура вспышки; г) массовая доля летучих веществ.

3) пластификатора ДОА: а) плотность при 20°C; б) кислотное число; в) температура вспышки.

1) КОНТРОЛЬНЫЕ КАРТЫ ДЛЯ ПОЛИВИНИЛХЛОРИДА СУСПЕНЗИОННОГО .

а) Количество загрязнений и посторонних включений:

(Стандартные значения установлены на уровне не более 16).

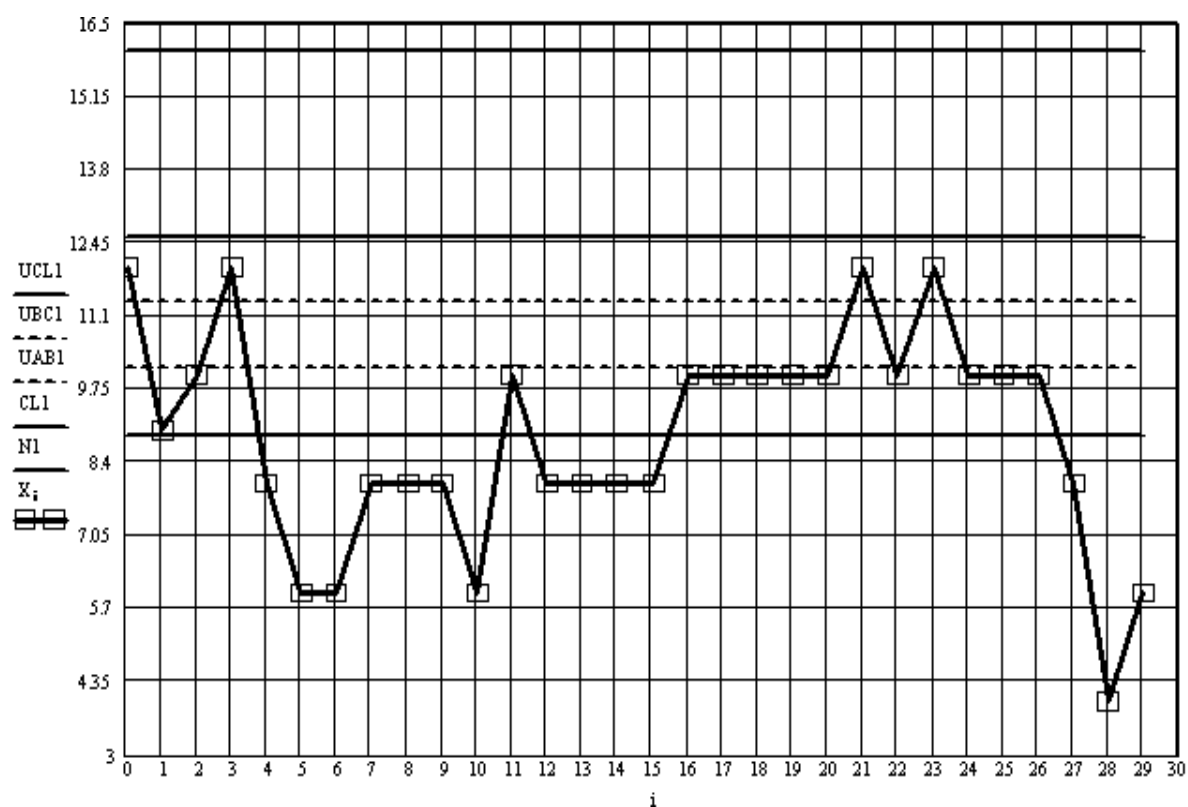


Рис. 23. Двойные X-R контрольные карты Шухарта

Интерпретация X-карты: (рис. 23) (Стандартные значения установлены на уровне не более 16). - при сравнении графиков винилискожи-Т обивочной и количество загрязнений и посторонних включений видим, что график данного показателя ведёт себя подобным образом (точки : 10-12; 21-24). Следовательно, данный показатель оказывает влияние на массу 1 м² винилискожи-Т обивочной. Эта карта показывает, что нормативное значение завышено, т.е. находится выше значения верхней границы регулирования.

X-карта показывает, что на ней есть критерии:

критерий 2–7 точек подряд находятся в зоне С–присутствует для точек 11-20.

критерий 7 – 2 из 3 последовательных точек находятся в зоне А - присутствует для точек 21- 23.

критерий 8 – 4 из 5 последовательных точек лежат вне зоны В - присутствует для точек 4-11.

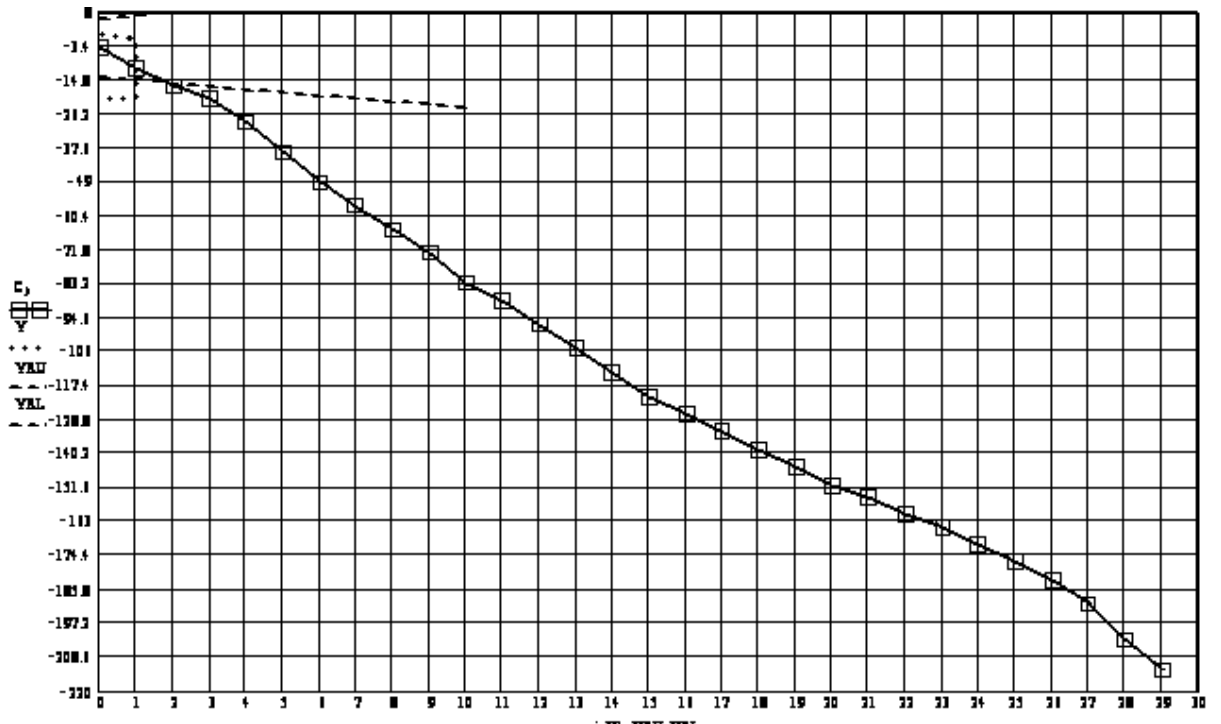


Рис. 24. Контрольная карта кумулятивных сумм для средних значений

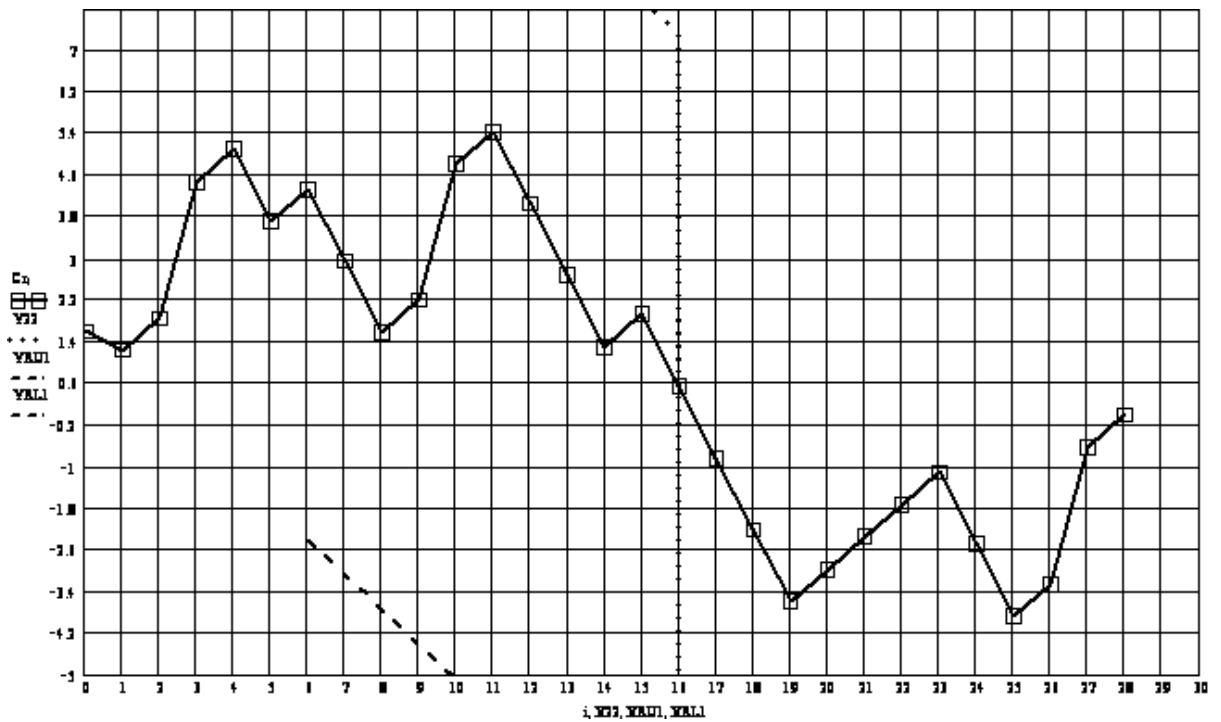


Рис. 25. Контрольная карта кумулятивных сумм для размахов
Интерпретация КУСУМ- карты для средних значений (рис. 24)

На КУСУМ- карту средних значений наложим шаблон усеченной V-маски, примененный в двух точках карты для данных значений. Значение $\hat{\sigma}$ принимают равным 2,212. При наложении шаблона на номер 2 эта кривая остается между лучами. Начиная с 3 номера при наложении шаблона кривая

касается верхней разрешающей линии, указывая, что к этому времени имеется достаточно информации о сдвиге от опорного значения вниз, это сигнал о значимом отклонении процесса от целевого значения.

Локальные разрешающие линии, построенные на КУСУМ- карте средних значений, показывают, что линия, проходящая через точку, полученную для номера наблюдения 1, указывает на номер наблюдения 3, то есть тогда, когда есть смещение от цели вниз в соответствии с линиями усеченной V-маски.

Интерпретация КУСУМ- карты для размахов (рис. 25) можно разделить на 7 частей. Кривая КУСУМ идёт вверх для наблюдений 1-4 (включительно). Кривая идет вниз для наблюдений 5-8 (несмотря на локальные выбросы для наблюдения 6). Кривая идет вверх для наблюдений 9-11(включительно) . Кривая идет вниз для наблюдений 12-19(несмотря на локальные выбросы для наблюдения 16). Кривая идет вверх для наблюдений 20-23 (включительно). Кривая идет вниз для наблюдений 24-25 (включительно). Кривая идет вверх для наблюдений 26-29 (включительно).

На КУСУМ- карту размахов наложим шаблон усеченной V-маски, примененный в одной точке карты для данных значений. Значение $\hat{\sigma}$ принимают равным 1,321. При наложении шаблона на номер 16 эта кривая остается между лучами, как и при наложении шаблона на любой другой номер. Так как вся кривая КУСУМ находится между лучами, то существенного сдвига нет.

Локальные разрешающие линии, построенные на КУСУМ- карте размахов показывают, что ни одна из точек графика не пересекает предупреждающие границы и все точки находятся в целевой зоне. Следовательно, процесс находится в статистически управляемом состоянии.

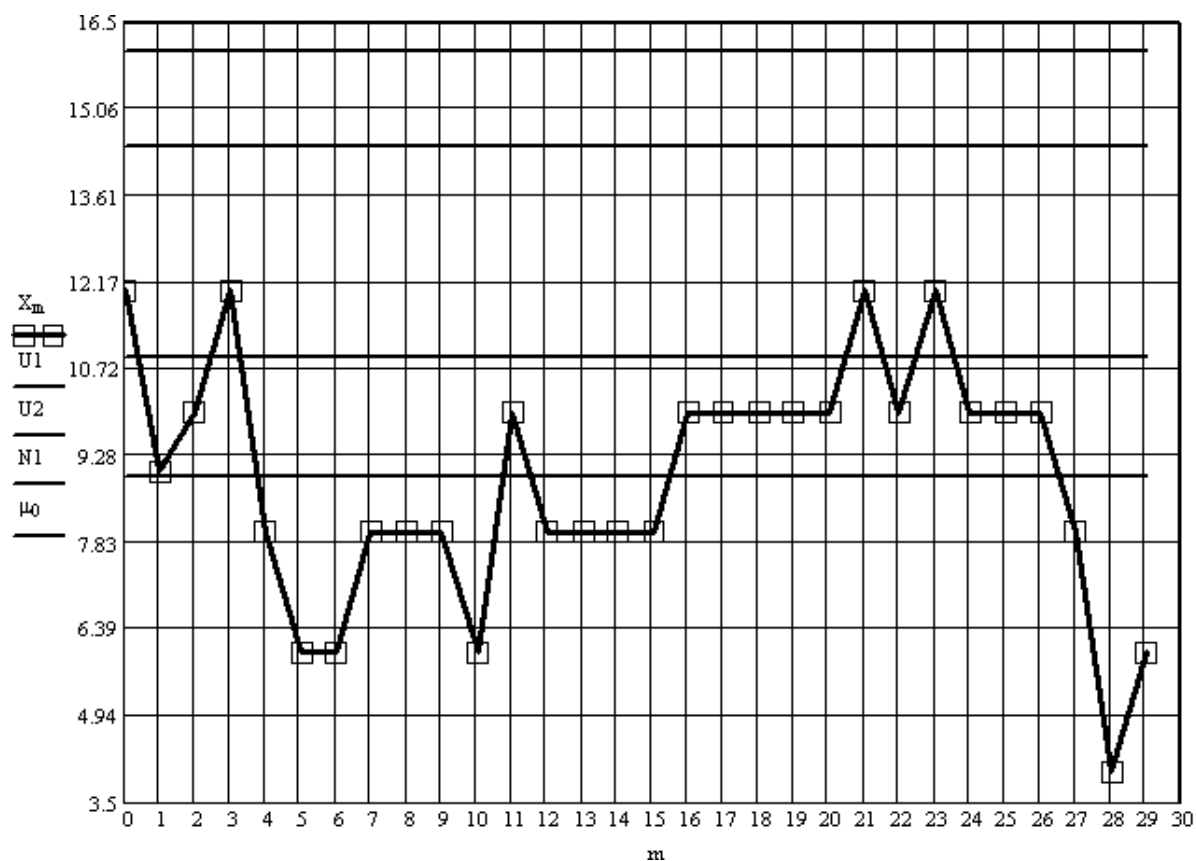


Рис. 26. Контрольная карта для арифметического среднего с предупреждающими границами

Интерпретация контрольной карты арифметического среднего с предупреждающими границами (рис. 26).

Обратим внимание на то, что точки 1; 5; 7; 12; 16; 19; 21; 26 находятся в зоне W- (предупреждающей) - это может быть сигналом о том, что процесс стремится к выходу из статистически управляемого, но корректировка процесса не может быть произведена, так как в соответствии с принятой процедурой этих точек должно быть две (т.е. две точки подряд), в нашем случае этого не наблюдается.

Корректировка должна быть осуществлена немедленно, при первом же значении X больше 62,5 (т.е. больше значения верхней границы регулирования) и при первом же значении X меньше -2,5 (т.е. меньше значения нижней границы регулирования) , но на данной карте такого значения нет.

б) Значение «К»

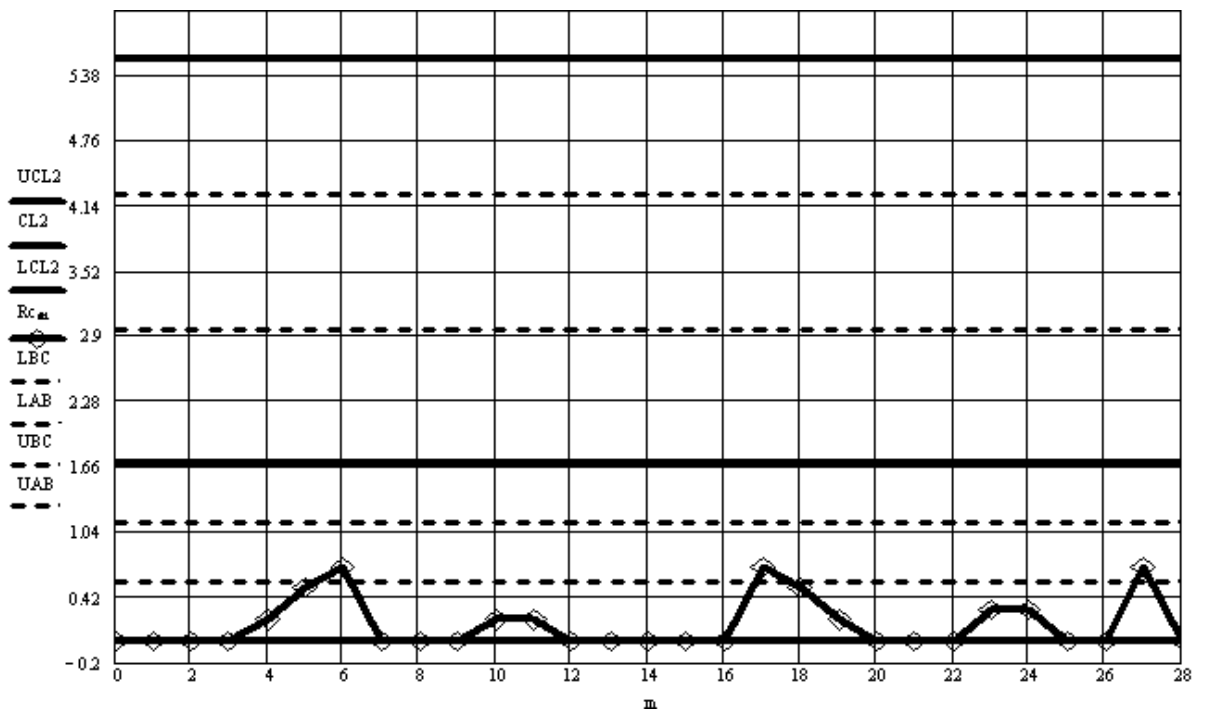
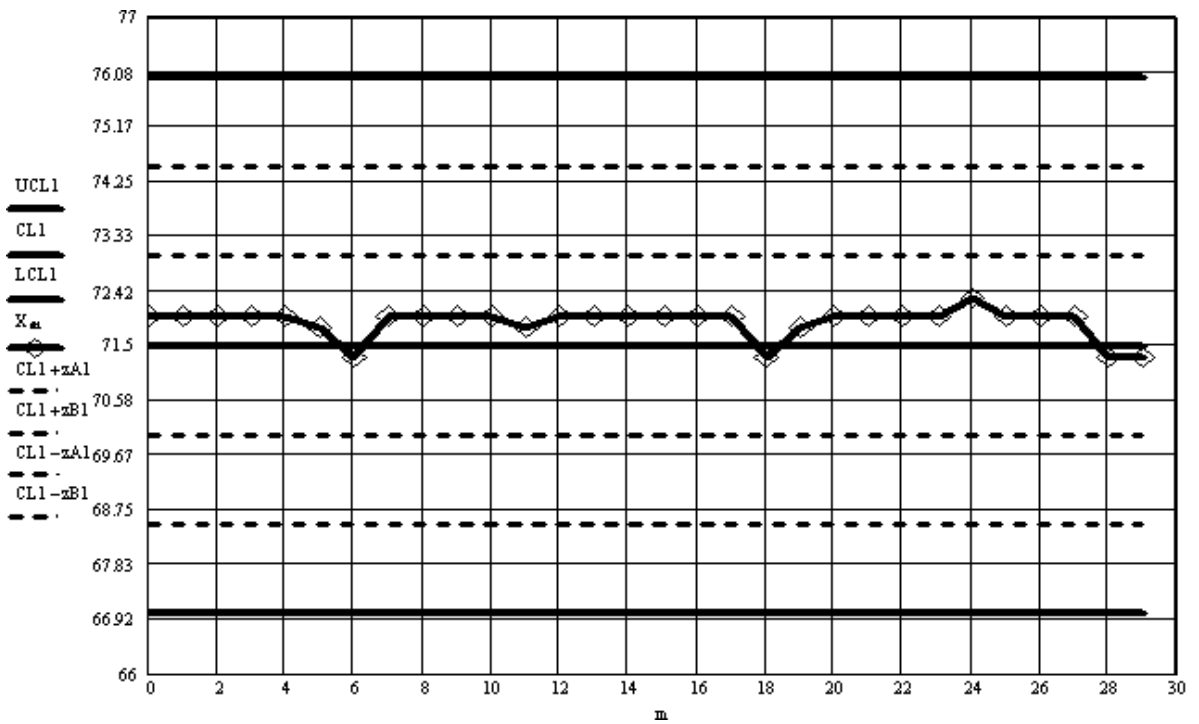


Рис. 27. Двойные X-R контрольные карты Шухарта

Значение «К»: (Стандартные значения установлены на уровне $71,5 \pm 1,5$). **Интерпретация X-карты:** (рис. 27) X-карта по данному показателю показывает, что процесс смещён относительно центральной линии (вверх). Данный показатель не оказывает влияния на массу 1 м^2 винилискожи-Т обивочной.

Интерпретация R-карты: видим, что процесс смещён относительно центральной линии (вниз), значит, завышен допуск, а это не позволяет статистически управлять процессом.

Корректирующие действия: надо уменьшить допуск, при контроле процесса с помощью контрольных карт это позволит своевременно обнаруживать отклонения процесса от среднего и оперативно вносить коррективы в ведение процесса.

в) Насыпная плотность

Насыпная плотность: (Стандартные значения установлены на уровне $0,5 \pm 0,05$ г/см³). **Интерпретация X-карты:** (рис. 28) при сравнении графиков винилискожи-Т обивочной и насыпной плотности видим, что график данного показателя ведёт себя подобным образом (точка: 16). График ведёт себя так, возможно из-за того, что служащие могут не делать поправок. Следовательно, данный показатель оказывает влияние на массу 1 м² винилискожи-Т обивочной.

X-карта показывает, что на ней есть критерий:

критерий 2 – 7 точек подряд находятся в зоне С – присутствует для точек 1-16; 18-30.

Интерпретация R-карты: (рис. 28) видим, что процесс смещён относительно центральной линии (вниз), значит, завышен допуск, а это не позволяет статистически управлять процессом.

Корректирующие действия: надо уменьшить допуск, при контроле процесса с помощью контрольных карт это позволит своевременно обнаруживать отклонения процесса от среднего и оперативно вносить коррективы в ведение процесса.

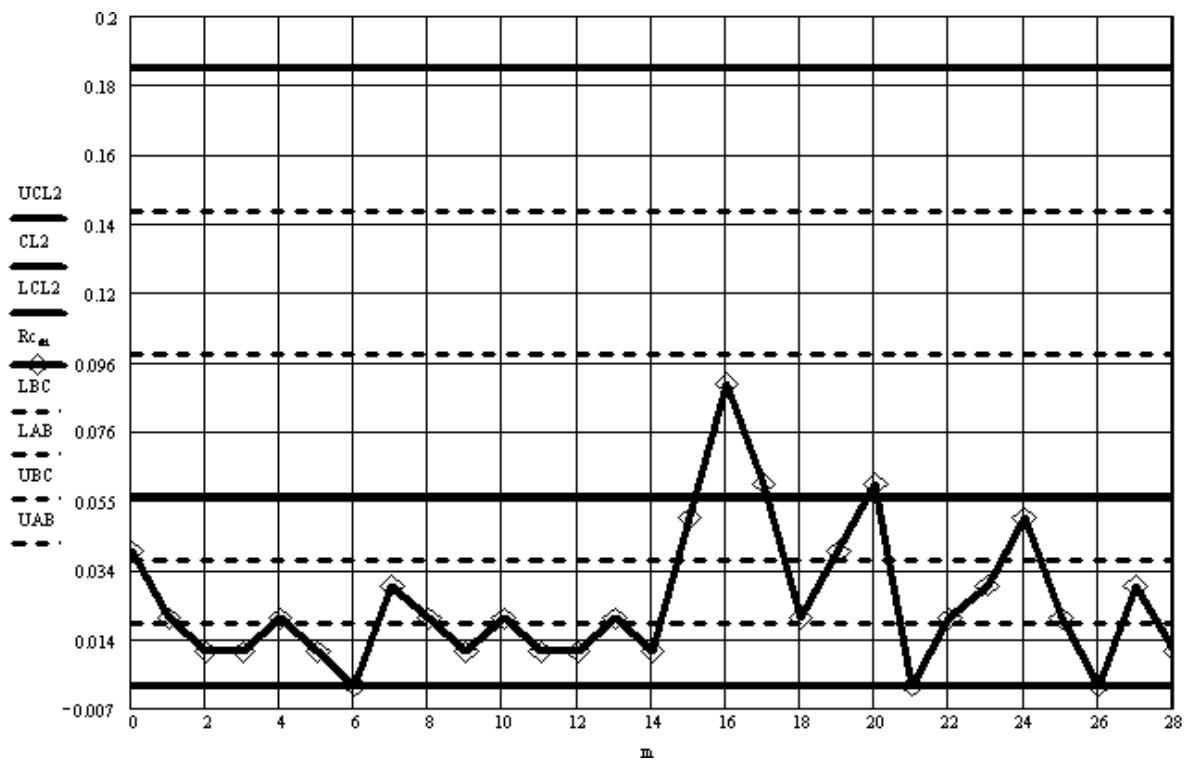
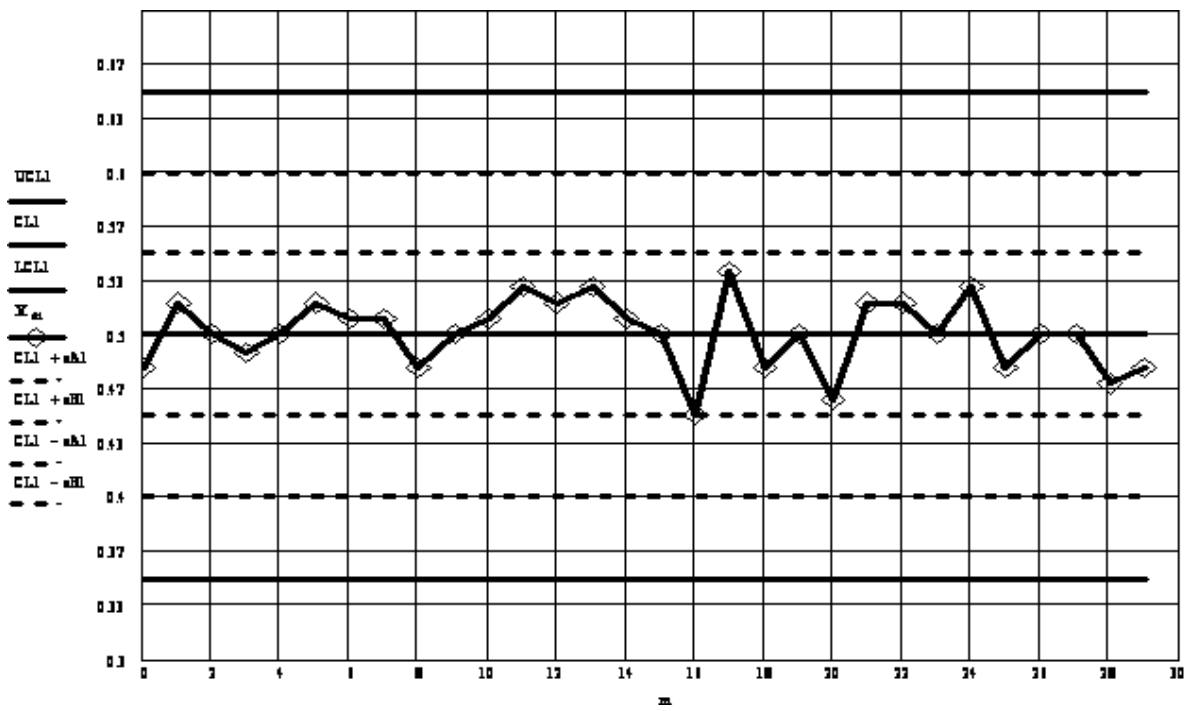
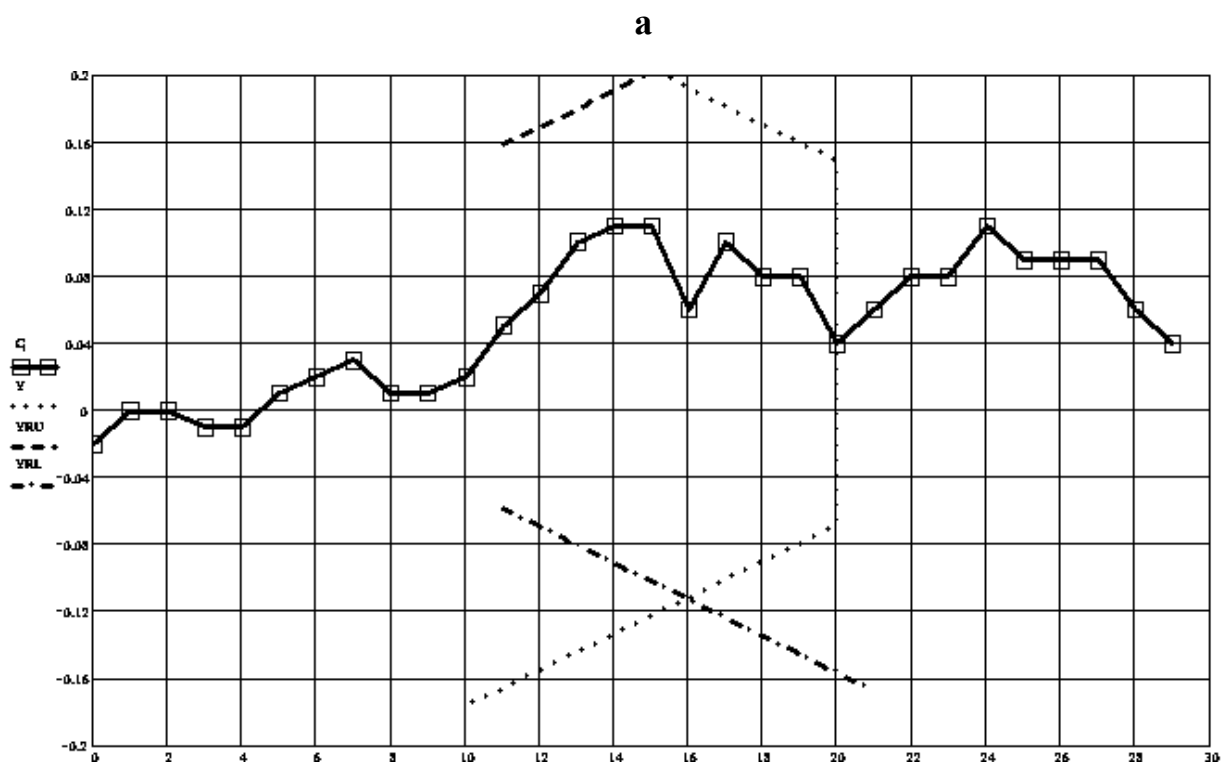


Рис. 28. Двойные X-R контрольные карты Шухарта



б

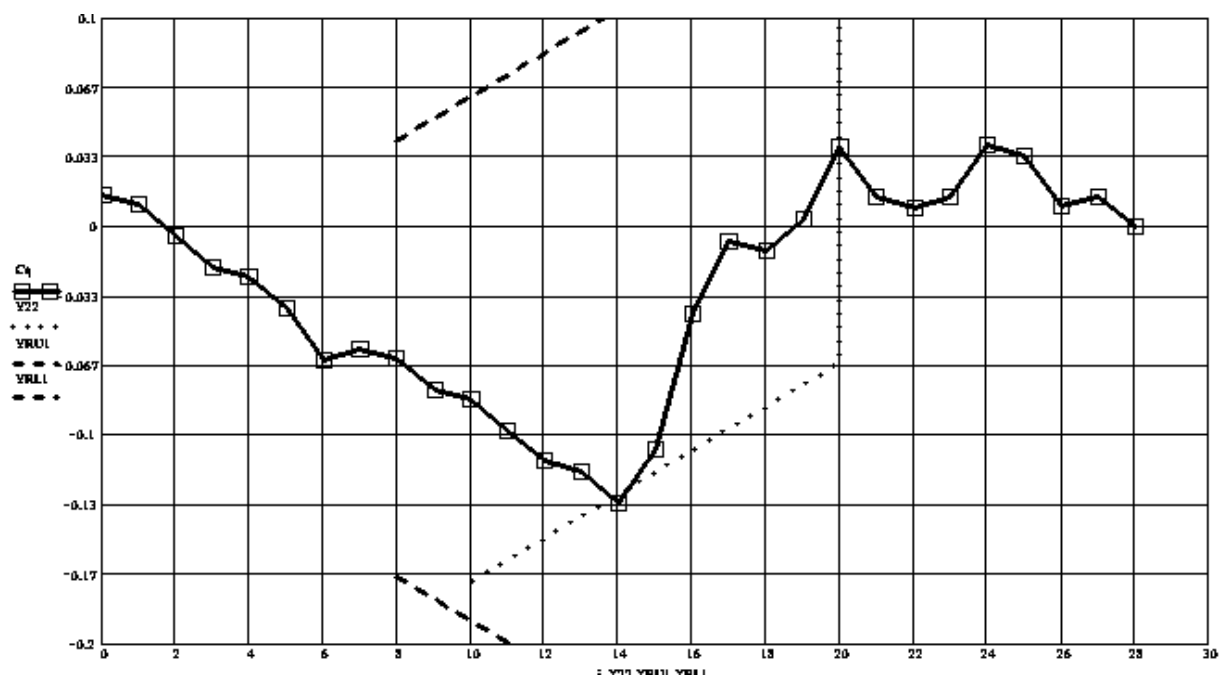


Рис. 29. Контрольная карта кумулятивных сумм для средних значений (а) и размахов (б)

Интерпретация КУСУМ- карты для средних значений :

На КУСУМ- карту средних значений (рис. 29а) наложим шаблон усеченной V-маски, примененный в двух точках карты для данных значений. Значение $\hat{\sigma}$ принимают равным 0,022. При наложении шаблона на номер 20

эта кривая остается между лучами, как и при наложении шаблона на любой другой но-мер. Так как вся кривая КУСУМ находится между лучами, то существенного сдвига нет.

Локальные разрешающие линии, построенные на КУСУМ- карте размахов показывают, что ни одна из точек графика не пересекает предупреждающие границы и все точки находятся в целевой зоне. Следовательно, процесс находится в статистически управляемом состоянии.

КУСУМ- карту для размахов (рис. 29 б) можно разделить на 4 части. Кривая КУСУМ Кривая идет вверх для наблюдений 1-15 (несмотря на локальные выбросы для наблюдения 4; 9) . Кривая идет вниз для наблюдений 16-20 (несмотря на локальные выбросы для наблюдения 17). Кривая идет вверх для наблюдений 21-24 (несмотря на локальные выбросы для наблюдения 24). Кривая идет вниз для наблюдений 25-29 (несмотря на локальные выбросы для наблюдения 27; 28).

На КУСУМ- карту размахов наложим шаблон усеченной V-маски, примененный в одной точке карты для данных значений. Значение $\hat{\sigma}$ принимают равным 0,05. При наложении шаблона на номер 19 эта кривая остается между лучами, начиная с 20 номера при наложении шаблона кривая касается нижней разрешающей линии, указывая, что к этому времени имеется достаточно информации о сдвиге от опорного значения вверх, это сигнал о значимом отклонении процесса от целевого значения.

Локальные разрешающие линии, построенные на КУСУМ- карте размахов показывают, что ни одна из точек графика не пересекает предупреждающие границы и все точки находятся в целевой зоне. Следовательно, процесс находится в статистически управляемом состоянии.

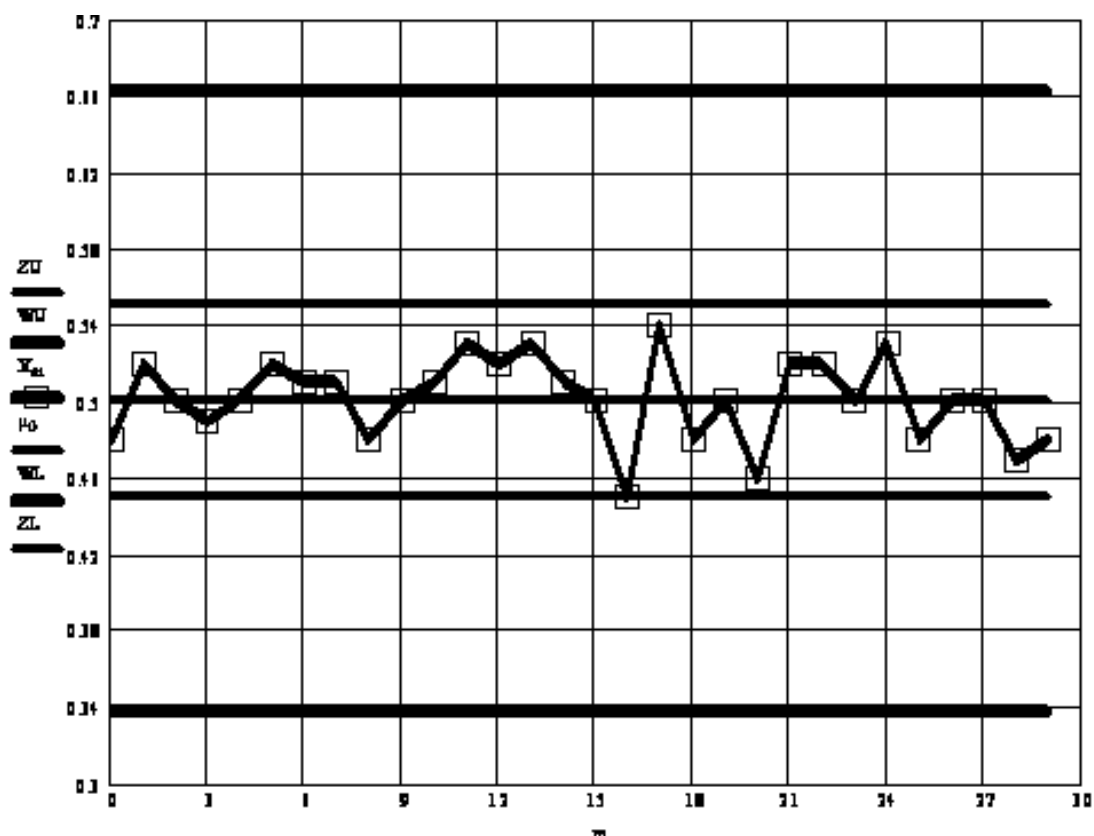


Рис. 30. Контрольная карта для арифметического среднего с предупреждающими границами

Интерпретация контрольных карт арифметического среднего с предупреждающими границами :

Обратим внимание на то, что точка 17 (рис. 30) находится в зоне W+ (предупреждающей) - это может быть сигналом о том, что процесс стремится к выходу из статистически управляемого, но корректировка процесса не может быть произведена, так как в соответствии с принятой процедурой этих точек должно быть две (т.е. две точки подряд), в нашем случае этого не наблюдается.

Корректировка должна быть осуществлена немедленно, при первом же значении \bar{X} больше 0,663 (т.е. больше значения верхней границы регулирования) и при первом же значении \bar{X} меньше 0,338(т.е. меньше значения нижней границы регулирования) , но на данной карте такого значения нет.

г) Массовая доля влаги и летучих веществ:

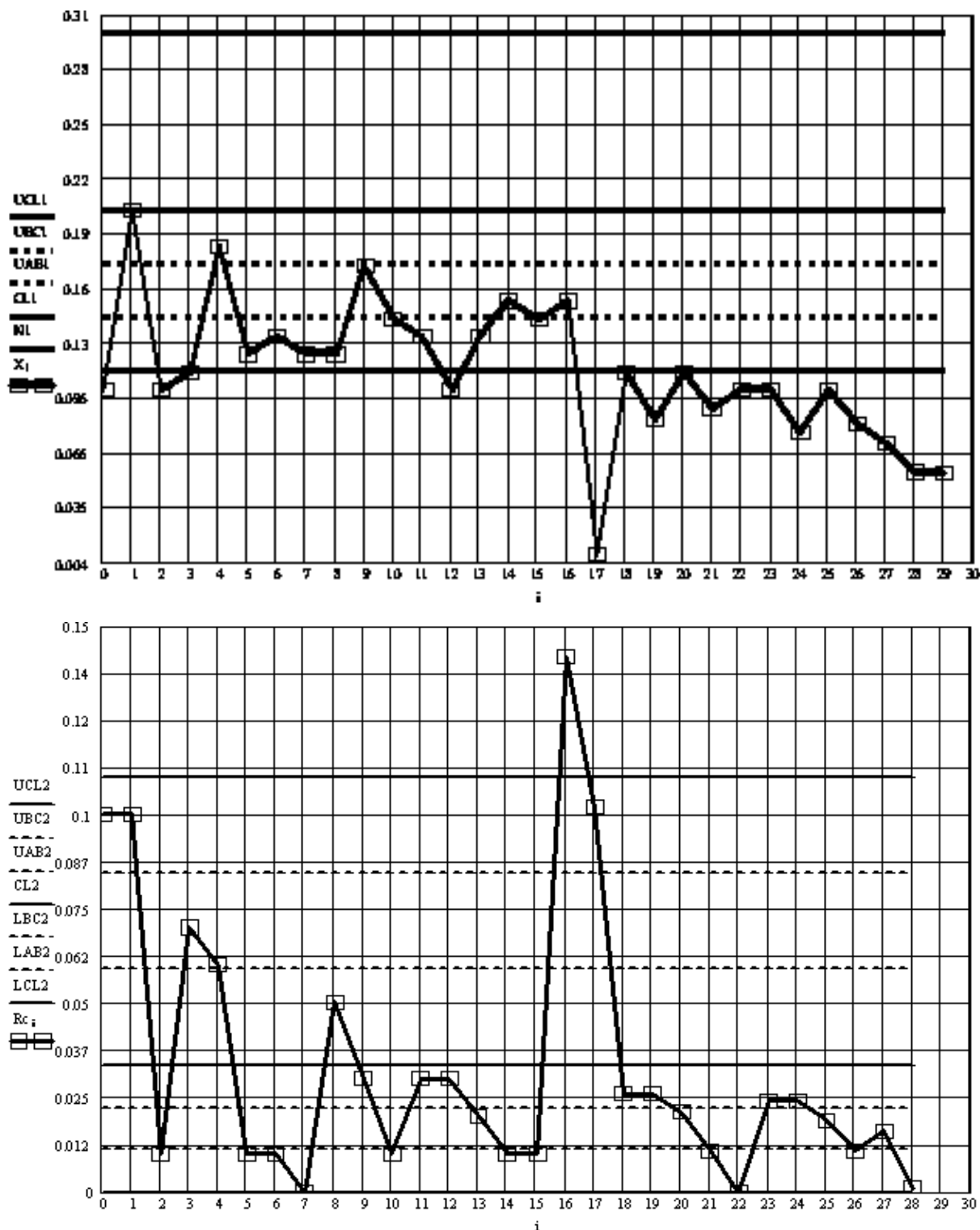


Рис. 31. Двойные X-R контрольные карты Шухарта:

Массовая доля влаги и летучих веществ: (Стандартные значения установлены на уровне не более 0,3%). **Интерпретация X-карты:** X-карта по данному показателю (рис. 31) показывает, что процесс первой половины графика смещён относительно центральной линии (вверх), а процесс второй

половины графика смещён относительно центральной линии (вниз), причем, с 18 по 29 точки наблюдаем, уменьшение значений массовой доли влаги и летучих веществ – это связано с условиями хранения поливинилхлорида суспензионного. При сравнении графиков винилискожи-Т обивочной и массовой доли влаги и летучих веществ видим, что график данного показателя ведёт себя подобным образом (точки : 4; 9; 17 (последняя точка не совсем совпадает, возможно это связано с тем, сколько времени находился поливинилхлорид суспензионный на складе после того, как его проконтролировали)). График ведёт себя так, из-за условий хранения сырья. Следовательно, данный показатель оказывает влияние на массу 1 м² винилискожи-Т обивочной. Корректирующие действия: надо улучшить условия хранения сырья. Эта карта показывает, что нормативное значение завышено, т.е. находится выше значения верхней границы регулирования.

X-карта показывает, что на ней есть критерии:

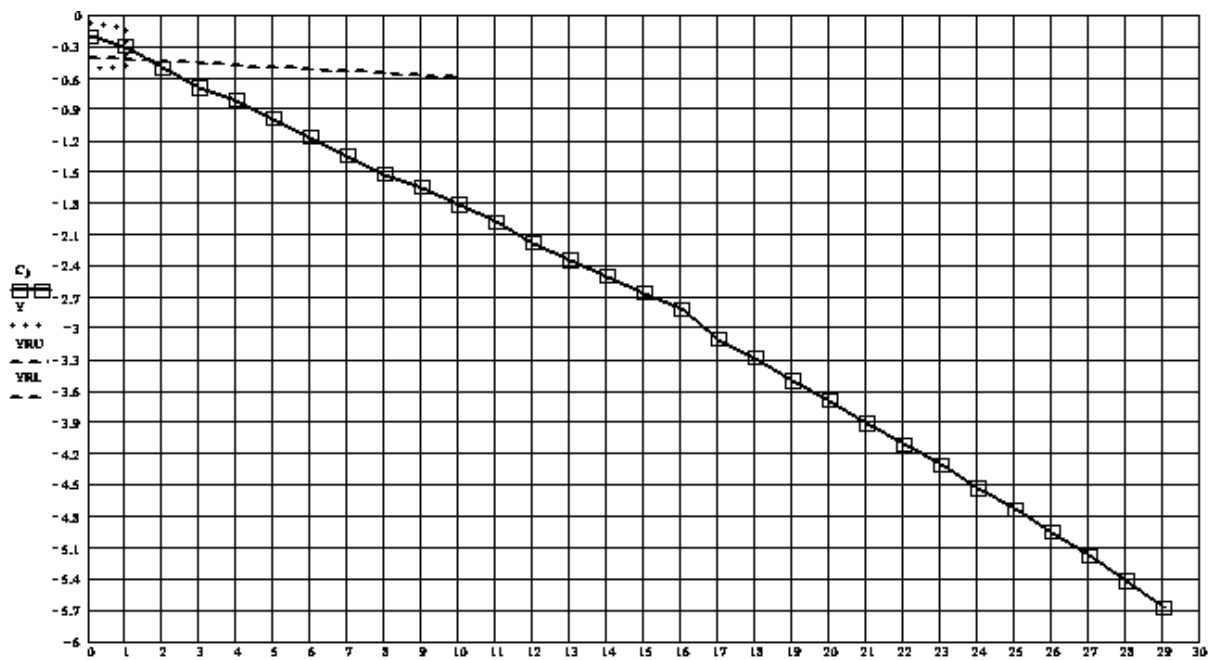
критерий 2 – 7 точек подряд находятся по одну сторону от центральной линии – присутствует для точек 4-11; 21-29.

критерий 8 – 4 из 5 последовательных точек лежат вне зоны В – присутствует для точек 1-8.

Интерпретация R-карты : Выход точек за верхнюю контрольную границу (рис. 31).

Можно предложить следующие мероприятия: Нужно увеличить верхний предел или работать с поставщиками сырья, т.е. выбрать поставщика, сырьё которого подходит лучше или переговорить с поставщиком, чтобы он улучшил качество сырья.

а



б

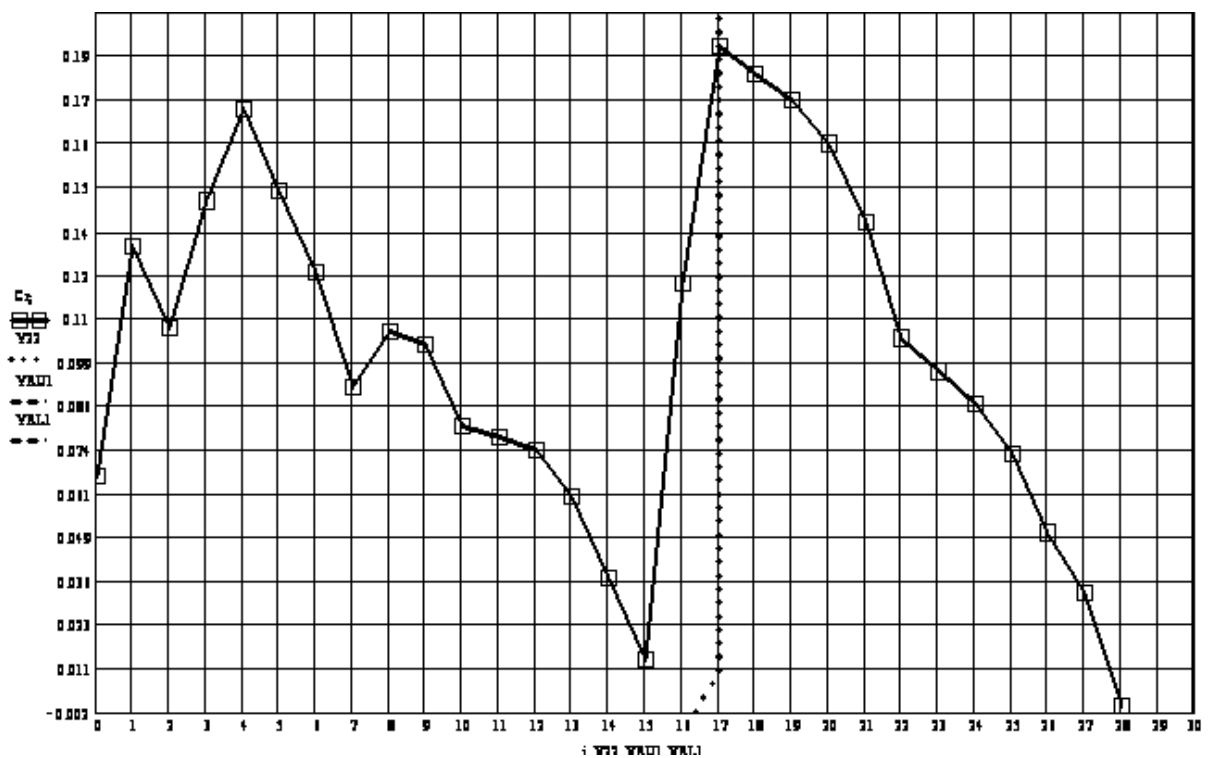


Рис. 32. Контрольная карта кумулятивных сумм для средних значений (а) и размахов (б)

Интерпретация КУСУМ- карты для средних значений (рис. 32а)

На КУСУМ- карту средних значений наложим шаблон усеченной V-маски, примененный в двух точках карты для данных значений. Значение $\hat{\sigma}$

принимают равным 0,041. При наложении шаблона на номер 2 эта кривая остается между лучами. Начиная с 3 номера при наложении шаблона кривая касается верхней разрешающей линии, указывая, что к этому времени имеется достаточно информации о сдвиге от опорного значения вниз, это сигнал о значимом отклонении процесса от целевого значения.

Локальные разрешающие линии, построенные на КУСУМ- карте средних значений, показывают, что линия, проходящая через точку, полученную для номера наблюдения 1, указывает на номер наблюдения 3, то есть тогда, когда есть смещение от цели вниз в соответствии с линиями усеченной V-маски.

КУСУМ- карту для размахов можно разделить на 4 части (рис. 32б). Кривая КУСУМ идет вверх для наблюдений 1-3 (несмотря на локальные выбросы для наблюдения 3). Кривая идет вниз для наблюдений 4-15 (несмотря на локальные выбросы для наблюдения 9). Кривая идет вверх для наблюдений 16-17(включительно). Кривая идет вниз для наблюдений 18-29 (включительно).

На КУСУМ-карту размахов наложим шаблон усеченной V-маски, примененный в одной точке карты для данных значений. Значение $\hat{\sigma}$ принимают равным 0,036. При наложении шаблона на номер 17 эта кривая остается между лучами, как и при наложении шаблона на любой другой номер. Так как вся кривая КУСУМ находится между лучами, то существенного сдвига нет.

Локальные разрешающие линии, построенные на КУСУМ- карте размахов показывают, что ни одна из точек графика не пересекает предупреждающие границы и все точки находятся в целевой зоне. Следовательно, процесс находится в статистически управляемом состоянии.

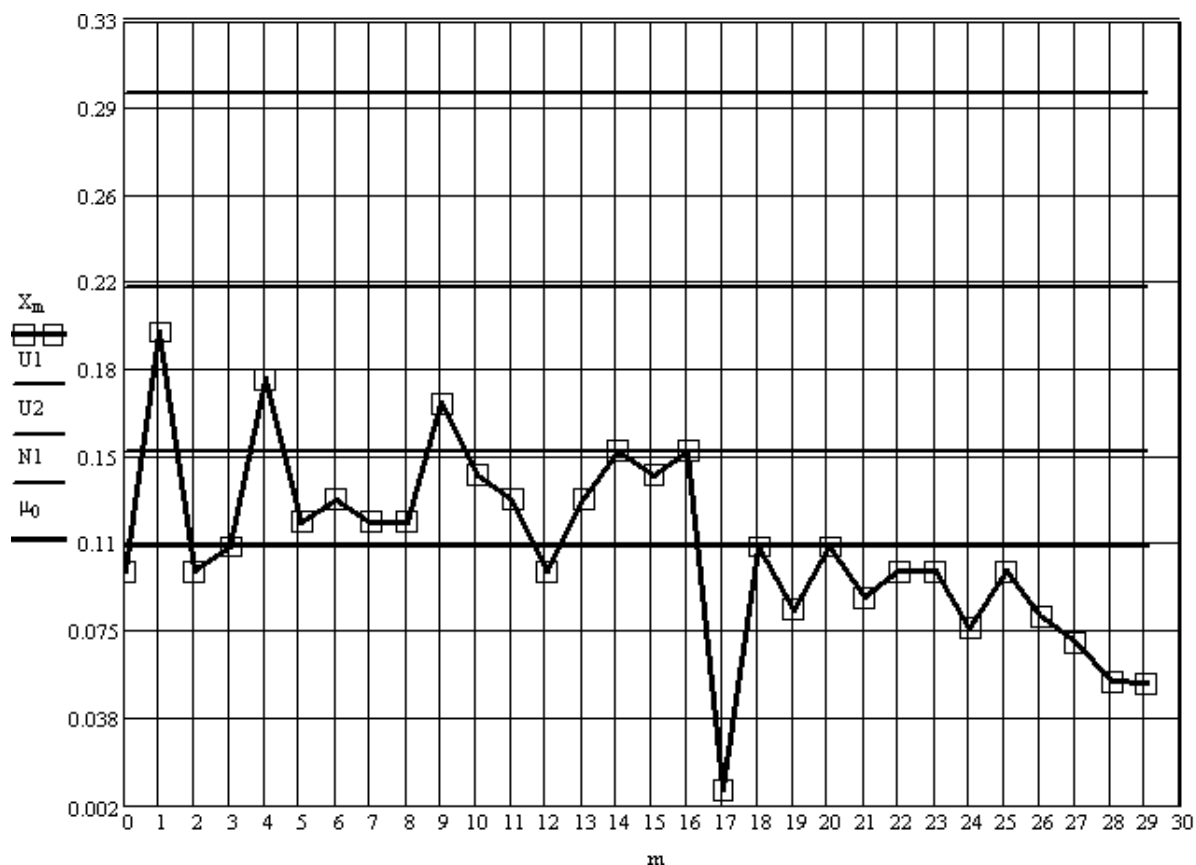


Рис. 33. Контрольная карта для арифметического среднего с предупреждающими границами

Интерпретация контрольных карт арифметического среднего с предупреждающими границами (рис. 33): Обратим внимание на то, что точки 2; 5; 10; 15; 17; находятся в зоне W+ (предупреждающей) - это может быть сигналом о том, что процесс стремится к выходу из статистически управляемого, но корректировка процесса не может быть произведена, так как в соответствии с принятой процедурой этих точек должно быть две (т.е. две точки подряд), в нашем случае этого не наблюдается.

Корректировка должна быть осуществлена немедленно, при первом же значении X больше 0,218 (т.е. больше значения верхней границы регулирования), но на данной карте такого значения нет.

д) Остаток на сите с сеткой:

Остаток на сите с сеткой: (Стандартные значения установлены на уровне не более 0,5%). **Интерпретация X-карты:** по данному показателю трудно

что-то сказать. Данный показатель не оказывает влияния на массу 1 м^2 винилискожи-Т обивочной (рис. 34).

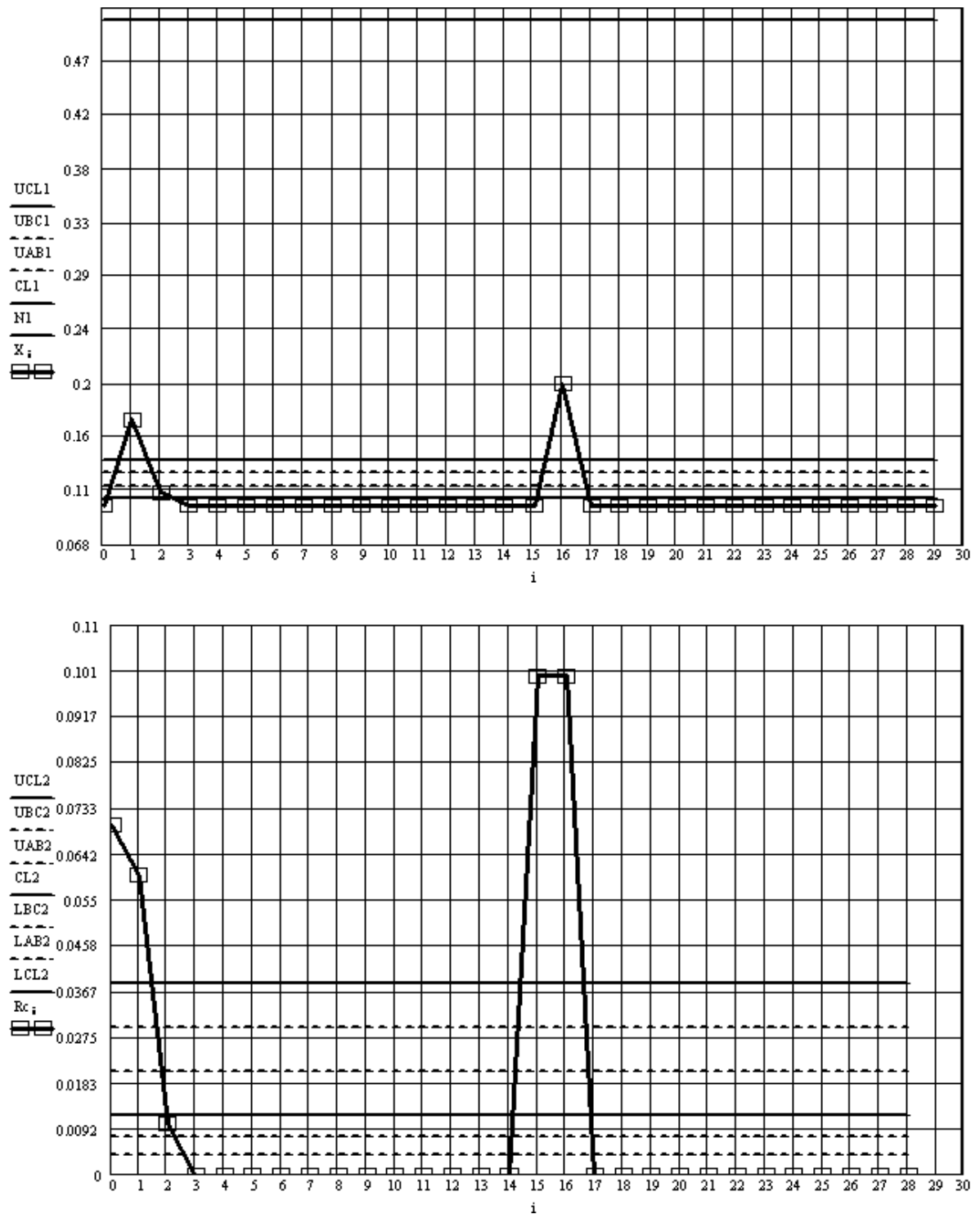


Рис. 34. Двойные X-R контрольные карты Шухарта

Интерпретация R-карты (рис. 34) Выход точек за верхнюю контрольную границу.

Можно предложить следующие мероприятия: Нужно увеличить верхний предел или работать с поставщиками сырья, т.е. выбрать поставщика, сырьё которого подходит лучше или переговорить с поставщиком, чтобы он улучшил качество сырья.

2) КОНТРОЛЬНЫЕ КАРТЫ ДЛЯ ПЛАСТИФИКАТОРА ДОФ (РИС. 35) .

а) Плотность при 20 °С:

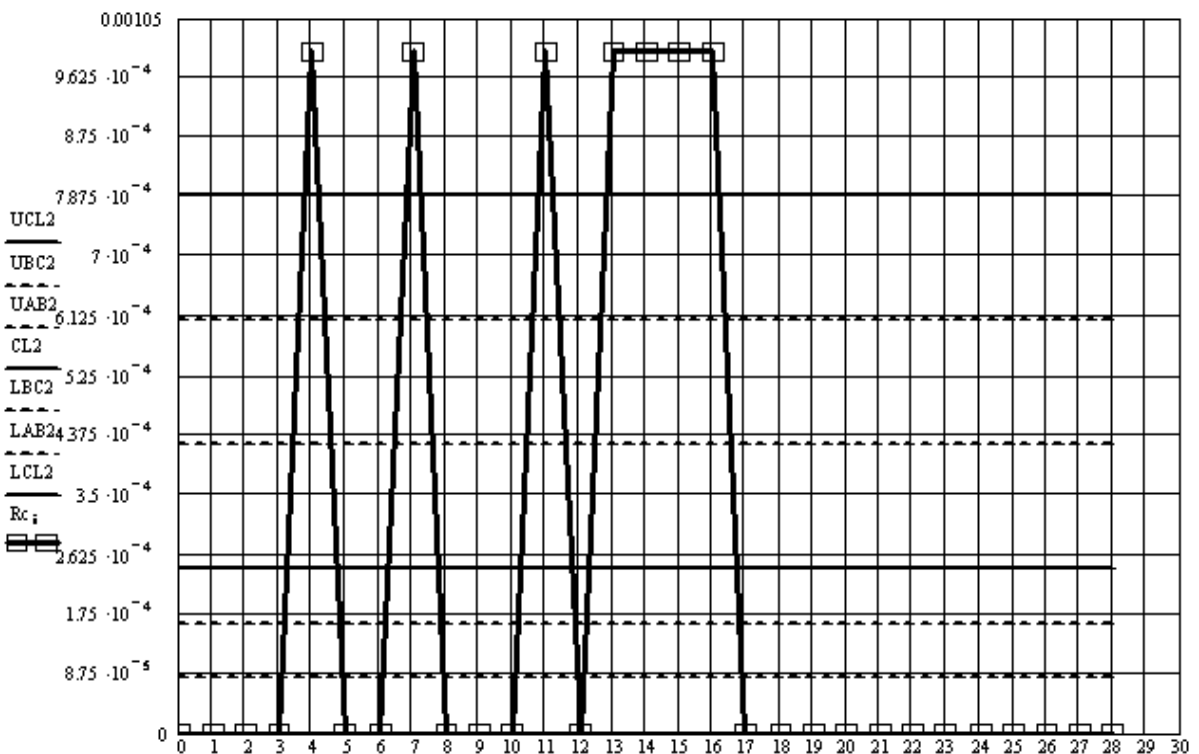
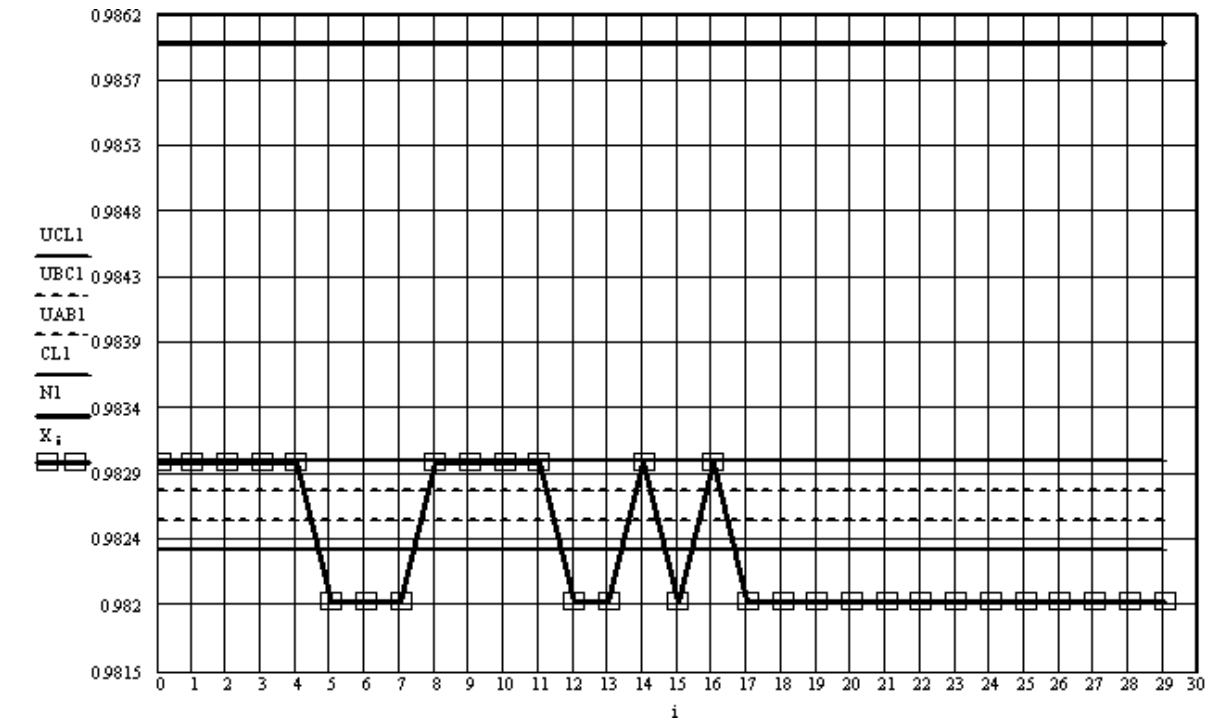


Рис. 35. Двойные X-R контрольные карты Шухарта:

Плотность при 20 °С: (Стандартные значения установлены на уровне не более 0,986).

Интерпретация X-карты: по данному показателю трудно что-то сказать. График ведёт себя так, возможно из-за изменения в составе сырья, поступающего от разных поставщиков. Данный показатель не оказывает влияния на массу 1 м² винилискожи-Т обивочной.

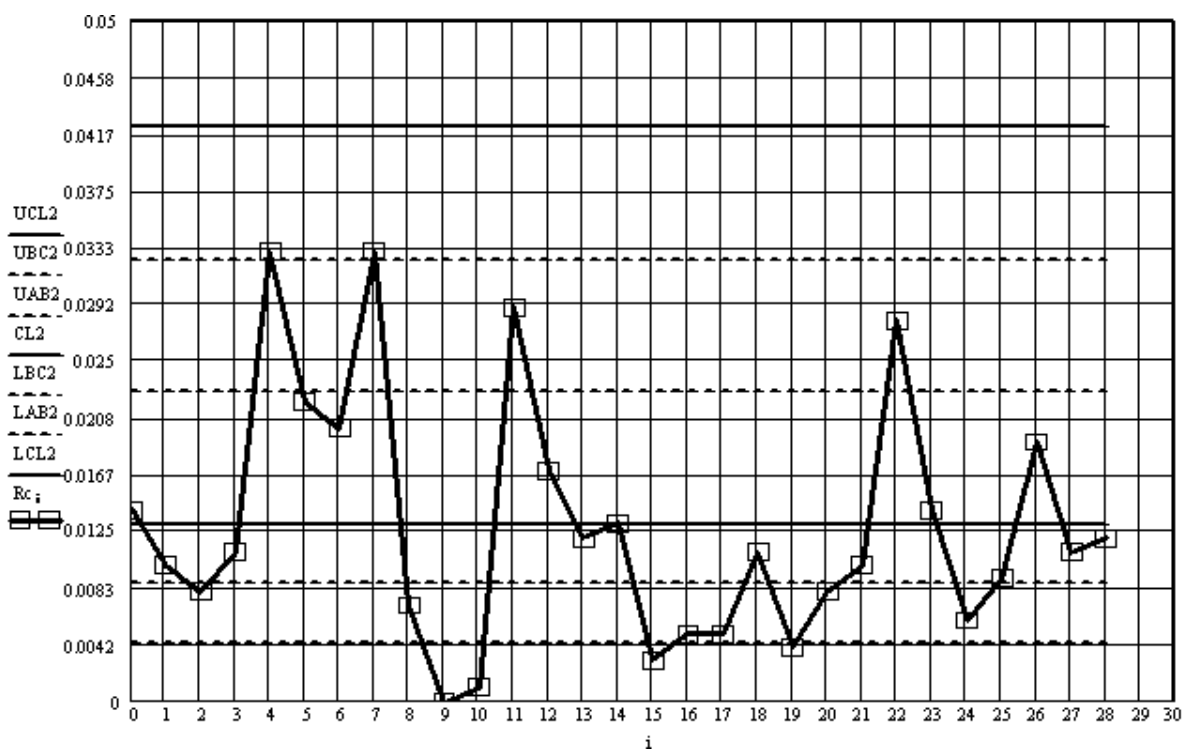
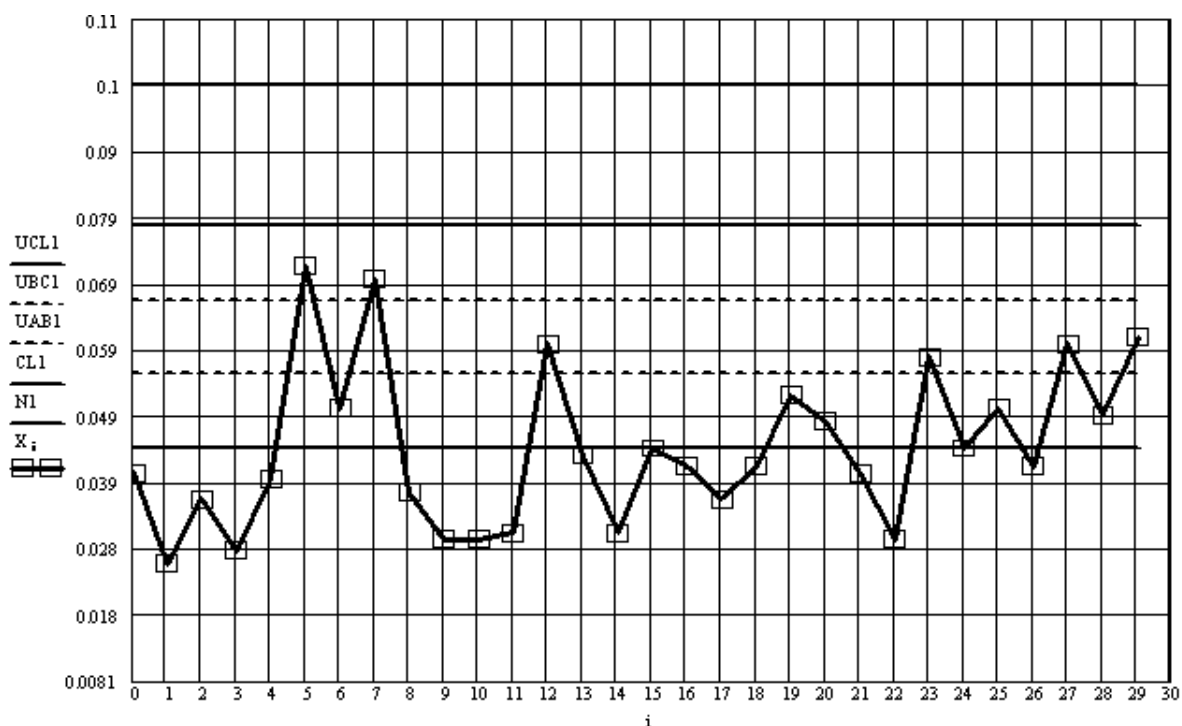


Рис. 36. Двойные X-R контрольные карты Шухарта:

Точки с 1-5, с 9-12 лежат на линии нормативного значения – это связано с человеческим фактором. Становится ясным то, что значения больше норматива, но их возможно занизили в соответствии с нормативным значением, это ясно видно на X-карте. Рекомендации: изменить значения норматива, в сторону увеличения верхней контрольной границы или изменить условия хранения, сменить поставщика.

Интерпретация R-карты: Выход точек за верхнюю контрольную границу.

Можно предложить следующие мероприятия: Нужно увеличить верхний предел или работать с поставщиками сырья, т.е. выбрать поставщика, сырьё которого подходит лучше или переговорить с поставщиком, чтобы он улучшил качество сырья.

б) Кислотное число (рис. 36).

Кислотное число: (Стандартные значения установлены на уровне не более 0,1 мг/КОН). **Интерпретация X-карты:** При сравнении графиков винилискожи-Т обивочной и кислотного числа видим, что график данного показателя ведёт себя подобным образом (точки : 1; 3; 22-26). Следовательно данный показатель оказывает влияние на массу 1 м² винилискожи-Т обивочной.

Эта карта показывает, что нормативное значение завышено, т.е. находится выше значения верхней границы регулирования.

X-карта показывает, что на ней есть критерии:

критерий 2–7 точек подряд находятся в зоне С–присутствует для точек 15-21.

критерий 7 – 2 из 3 последовательных точек находятся в зоне А - присутствует для точек 5-7.

Также видим увеличение значения кислотного числа с 22 по 30 точки – это связано с условиями хранения пластификатора ДОФ.

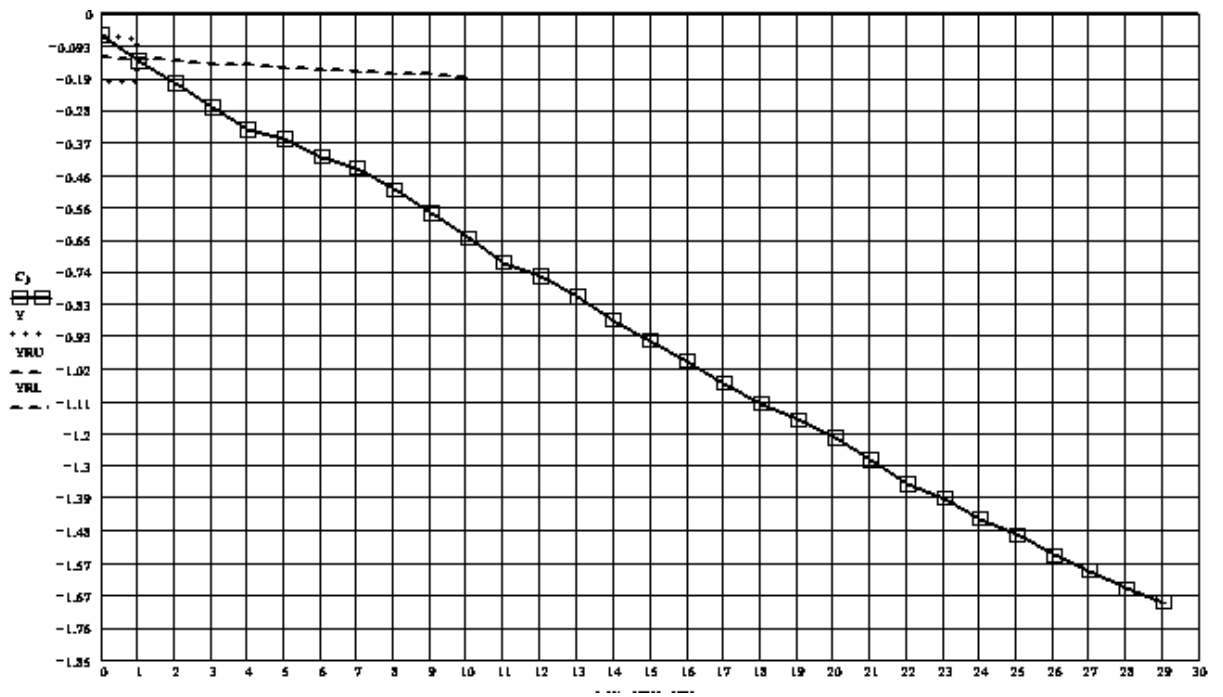


Рис. 37. Контрольная карта кумулятивных сумм для средних значений

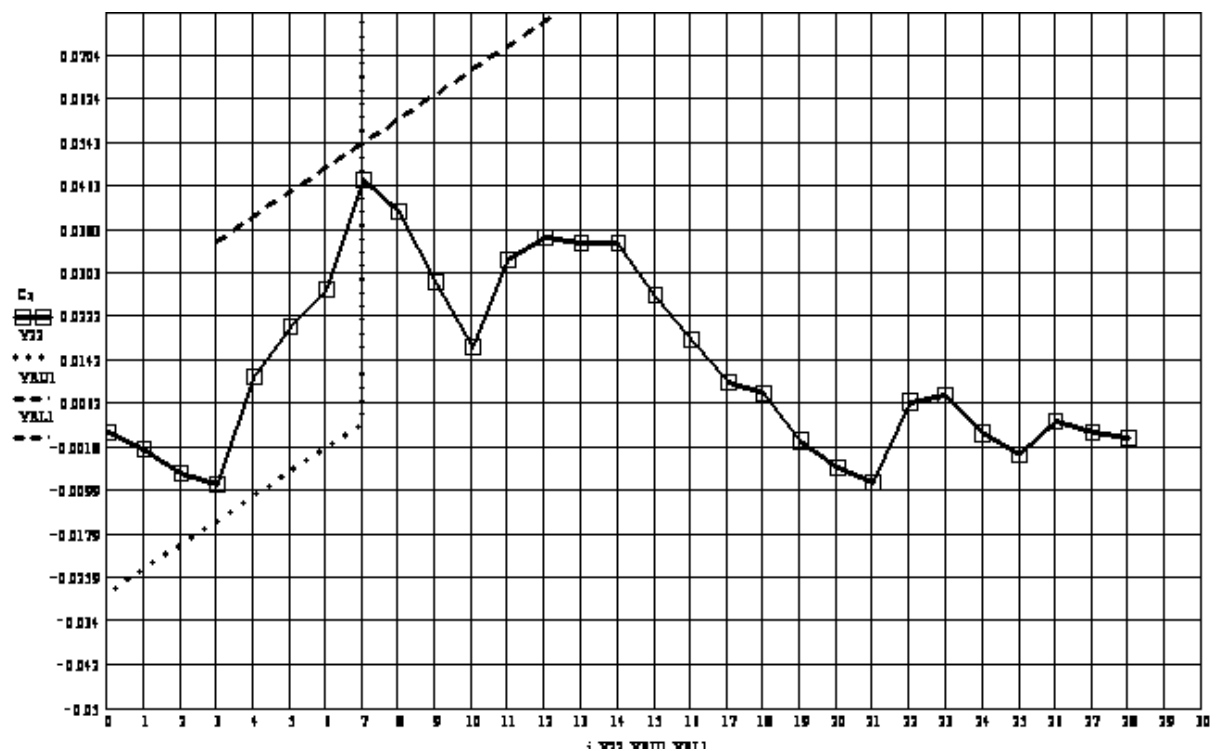


Рис. 38. Контрольная карта кумулятивных сумм для размахов

Интерпретация КУСУМ- карты для средних значений: (рис. 37)

На КУСУМ- карту средних значений наложим шаблон усеченной V-маски, примененный в двух точках карты для данных значений. Значение $\hat{\sigma}$ принимают равным 0,013. При наложении шаблона на номер 1 эта кривая остается между лучами. Начиная с 2 номера при наложении шаблона кривая

касается верхней разрешающей линии, указывая, что к этому времени имеется достаточно информации о сдвиге от опорного значения вниз, это сигнал о значимом отклонении процесса от целевого значения.

Локальные разрешающие линии, построенные на КУСУМ- карте средних значений, показывают, что линия, проходящая через точку, полученную для номера наблюдения 1, указывает на номер наблюдения 2, то есть тогда, когда есть смещение от цели вниз в соответствии с линиями усеченной V-маски.

КУСУМ- карту для размахов (рис. 38) можно разделить на 5 частей. Кривая КУСУМ идёт вниз для наблюдений 1-3 (включительно). Кривая идет вверх для наблюдений 4-7 (включительно). Кривая идет вниз для наблюдений 8-10(включительно) . Кривая идет вверх для наблюдений 11-13 (включительно). Кривая идет вниз для наблюдений 14-29 (несмотря на локальные выбросы для наблюдения 23; 24; 27).

На КУСУМ- карту размахов наложим шаблон усеченной V-маски, примененный в одной точке карты для данных значений. Значение $\hat{\sigma}$ принимают равным 0,01. При наложении шаблона на номер 7, как и при наложении шаблона на любой другой номер. Так как вся кривая КУСУМ находится между лучами, то существенного сдвига нет.

Локальные разрешающие линии, построенные на КУСУМ- карте размахов, показывают, что ни одна из точек графика не пересекает предупреждающие границы и все точки находятся в целевой зоне , следовательно процесс находится в статистически управляемом состоянии.

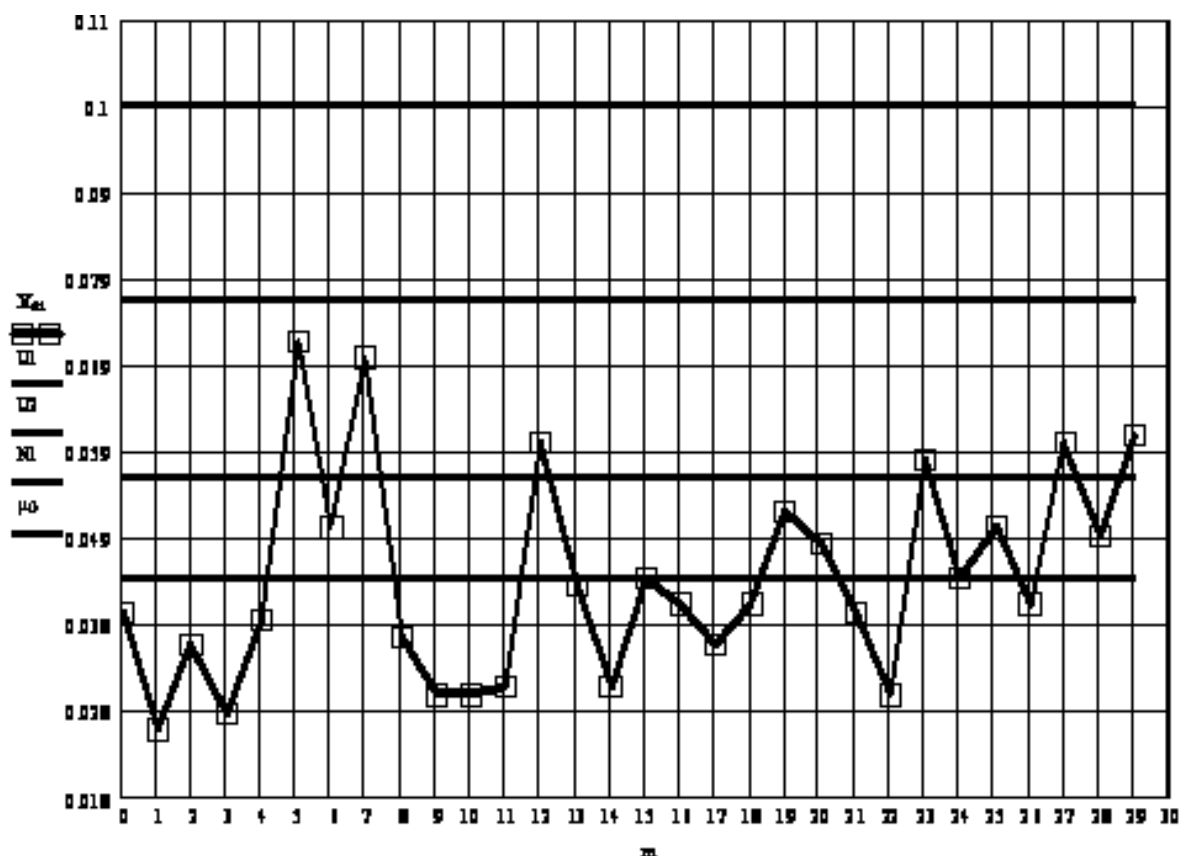


Рис. 39. Контрольная карта для арифметического среднего с предупреждающими границами

Интерпретация контрольных карт арифметического среднего с предупреждающими границами (рис. 39):

Обратим внимание на то, что точки 5; 7; 12; 23; 27; 29 находятся в зоне W+ (предупреждающей) - это может быть сигналом о том, что процесс стремится к выходу из статистически управляемого, но корректировка процесса не может быть произведена, так как в соответствии с принятой процедурой этих точек должно быть две (т.е. две точки подряд), в нашем случае этого не наблюдается.

Корректировка должна быть осуществлена немедленно, при первом же значении \bar{X} больше 0,077 (т.е. больше значения верхней границы регулирования), но на данной карте такого значения нет.

в) Температура вспышки (Стандартные значения установлены на уровне не менее 194°C).

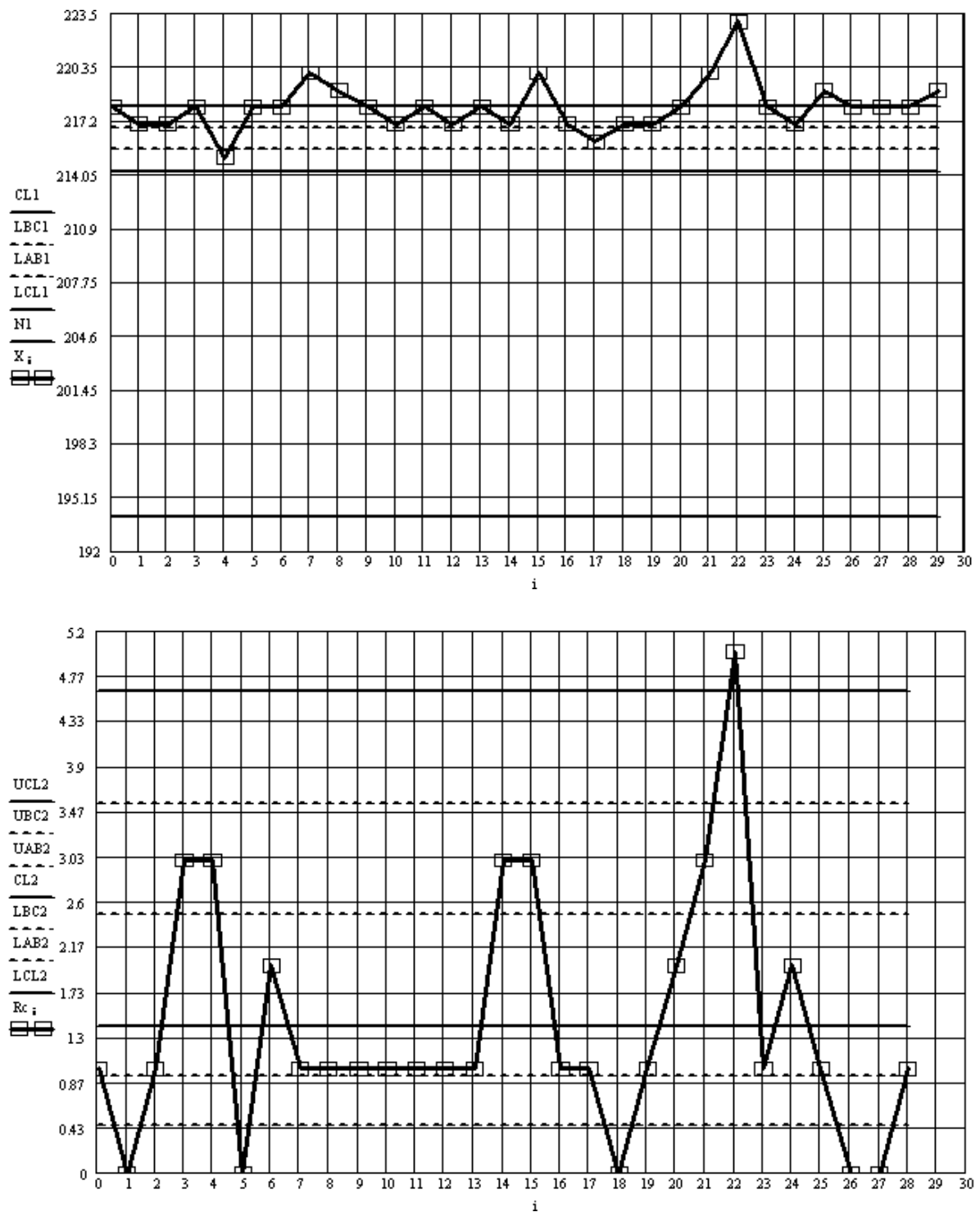


Рис. 40. Двойные X-R контрольные карты Шухарта

Интерпретация X-карты: (рис. 40) При сравнении графиков винилискожи-Т обивочной и температуры вспышки видим, что график данного показателя ведёт себя подобным образом (точка : 4; (эта точка не совсем совпадает, возможно это связано с тем, сколько времени находился пластификатор ДОФ на складе после того, как его проконтролировали)). Следовательно, данный показатель оказывает влияние на массу 1 м^2

винилискожи-Т обивочной. Эта карта показывает, что нормативное значение занижено, т.е. находится ниже значения нижней границы регулирования.

X-карта показывает, что на ней есть критерий:

критерий 3 – 6 точек подряд располагаются по возрастанию – присутствует для точек 17-22.

Интерпретация R-карты : (рис. 40) Выход точек за верхнюю контрольную границу.

Можно предложить следующие мероприятия: Нужно увеличить верхний предел или работать с поставщиками сырья, т.е. выбрать поставщика, сырьё которого подходит лучше или переговорить с поставщиком, чтобы он улучшил качество сырья.

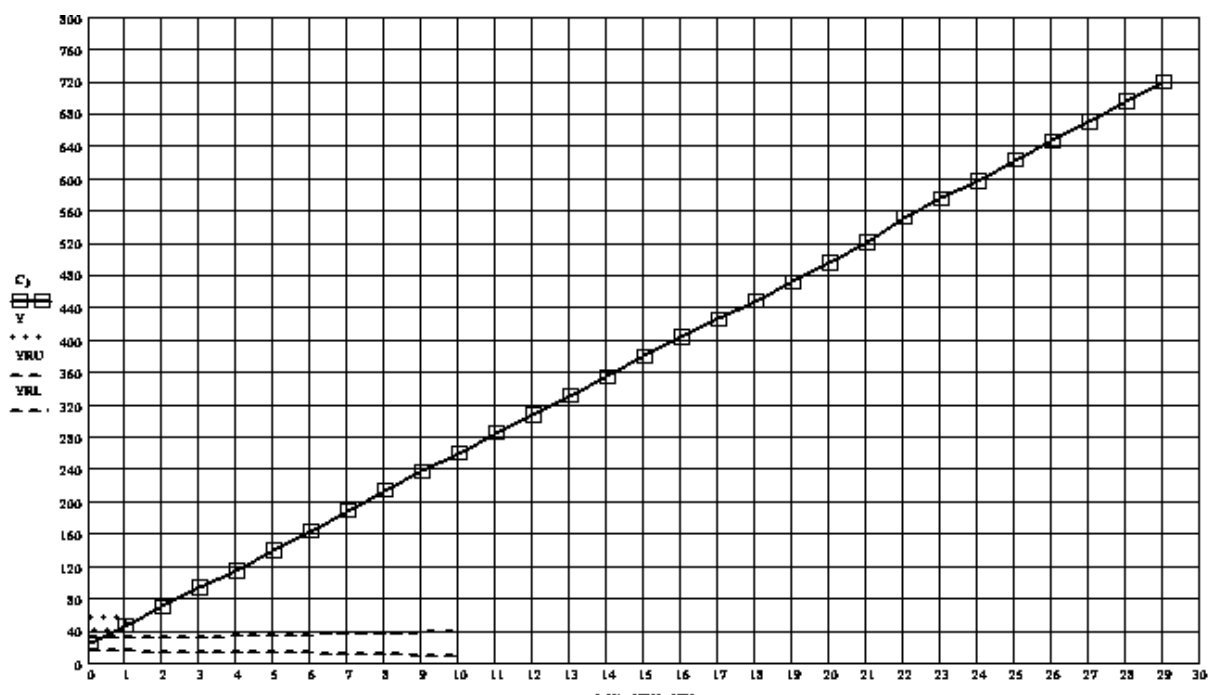


Рис. 41. Контрольная карта кумулятивных сумм для средних значений

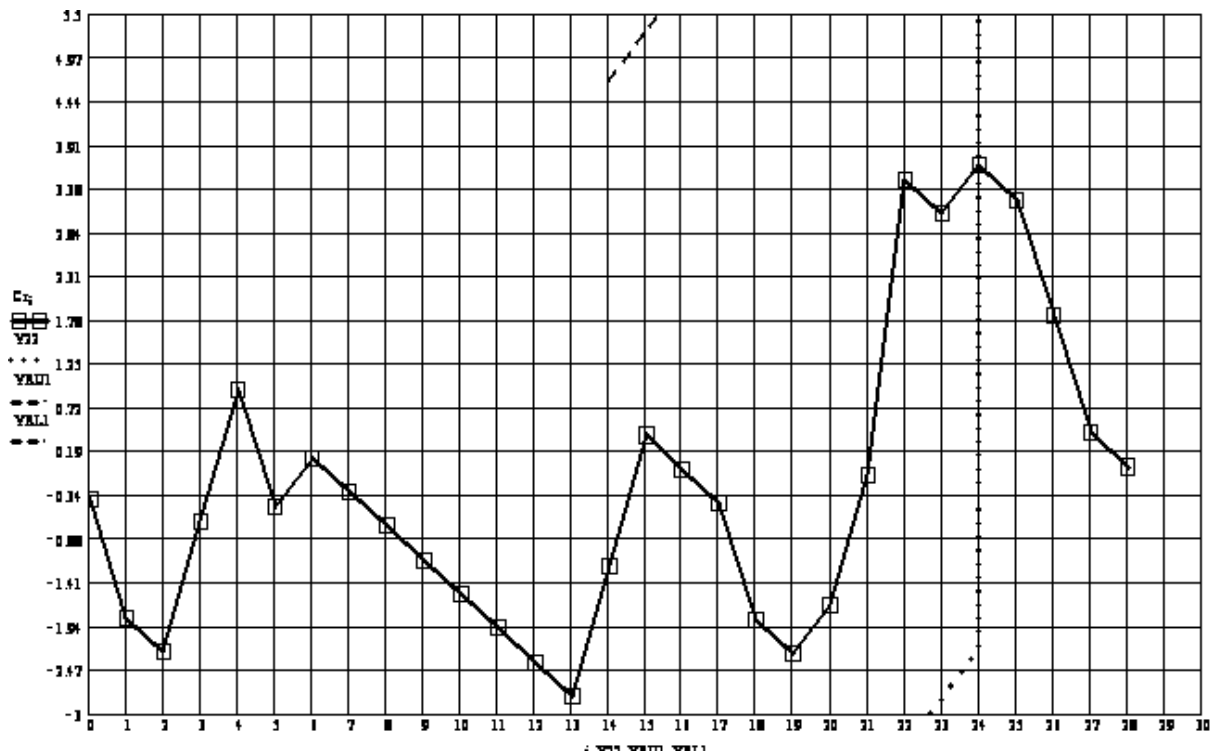


Рис. 42. Контрольная карта кумулятивных сумм для размахов

Интерпретация КУСУМ- карты для средних значений: (рис. 41)

На КУСУМ- карту средних значений наложим шаблон усеченной V-маски, примененный в двух точках карты для данных значений. Значение $\hat{\sigma}$ принимают равным 1,462. При наложении шаблона на номер 1 эта кривая остается между лучами. Начиная с 2 номера при наложении шаблона кривая касается нижней разрешающей линии, указывая, что к этому времени имеется достаточно информации о сдвиге от опорного значения вверх, это сигнал о значимом отклонении процесса от целевого значения.

Локальные разрешающие линии, построенные на КУСУМ- карте средних значений, показывают, что линия, проходящая через точку, полученную для номера наблюдения 1, указывает на номер наблюдения 1, то есть тогда, когда есть смещение от цели вниз в соответствии с линиями усеченной V-маски.

КУСУМ- карту для размахов (рис. 42) можно разделить на 7 частей. Кривая КУСУМ идёт вниз для наблюдений 1-2 (включительно). Кривая идет вверх для наблюдений 3-6 (несмотря на локальные выбросы для наблюдения

5). Кривая идет вниз для наблюдений 7-13 (включительно) . Кривая идет вверх для наблюдений 14-15 (включительно). Кривая идет вниз для наблюдений 16-19(включительно) . Кривая идет вверх для наблюдений 20-24 (несмотря на локальные выбросы для наблюдения 24;). Кривая идет вниз для наблюдений 25-29 (включительно) .

На КУСУМ- карту размахов наложим шаблон усеченной V-маски, примененный в одной точке карты для данных значений. Значение $\hat{\sigma}$ принимают равным 1,181. При наложении шаблона на номер 24 эта кривая остается между лучами, как и при наложении шаблона на любой другой номер. Так как вся кривая КУСУМ находится между лучами, то существенного сдвига нет.

Локальные разрешающие линии, построенные на КУСУМ- карте размахов показывают, что ни одна из точек графика не пересекает предупреждающие границы и все точки находятся в целевой зоне. Следовательно, процесс находится в статистически управляемом состоянии.

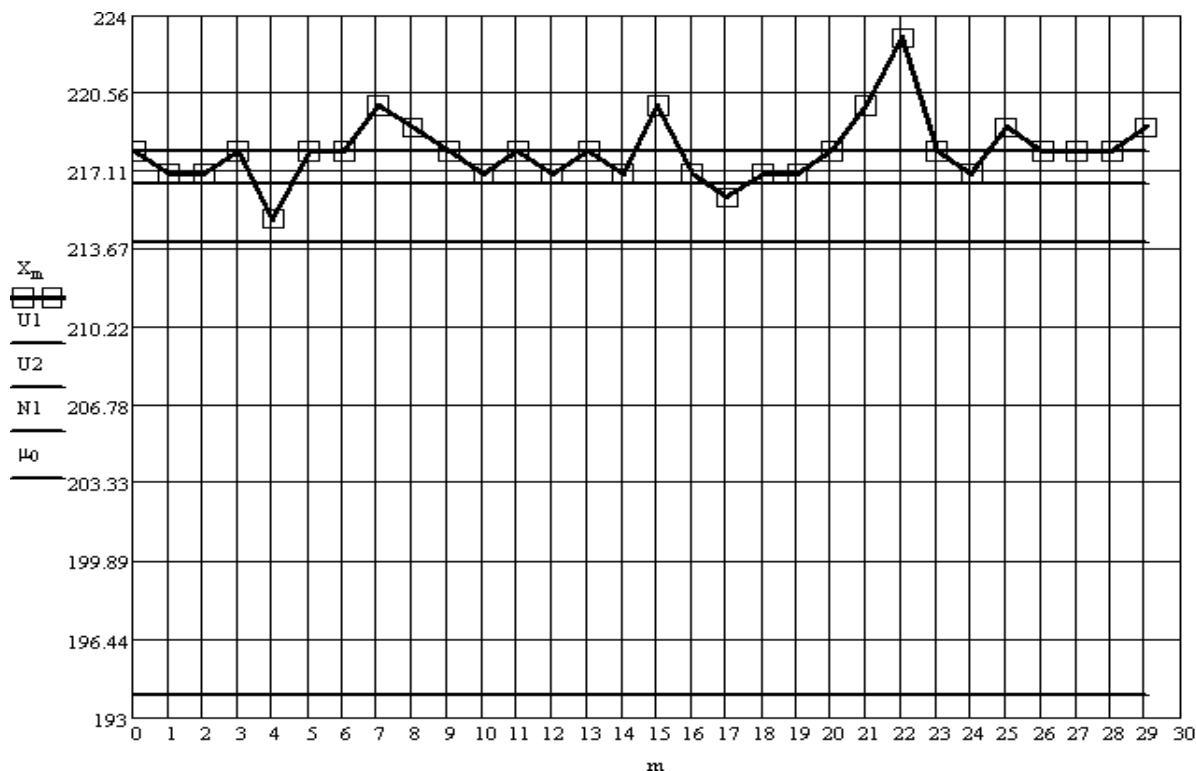


Рис. 43. Контрольная карта для арифметического среднего с предупреждающими границами

Интерпретация контрольных карт арифметического среднего с предупреждающими границами (рис. 43)

Обратим внимание на то, что точки 4; 17; находятся в зоне W. (предупреждающей) - это может быть сигналом о том, что процесс стремится к выходу из статистически управляемого, но корректировка процесса не может быть произведена, так как в соответствии с принятой процедурой этих точек должно быть две (т.е. две точки подряд), в нашем случае этого не наблюдается.

Корректировка должна быть осуществлена немедленно, при первом же значении \bar{X} меньше 213,98 (т.е. больше значения нижней границы регулирования), но на данной карте такого значения нет.

г) Массовая доля летучих веществ

Массовая доля летучих веществ: (Стандартные значения установлены на уровне не более 0,1%). **Интерпретация X-карты:** Точки с 1-8, с 12-15, и с 21-27 лежат на линии нормативного значения – это связано с человеческим фактором (рис. 44). Становится ясным то, что значения были больше норматива, но их возможно занизили в соответствии с нормативным значением, это ясно видно на X-карте. Рекомендации: изменить значения норматива, в сторону увеличения верхней контрольной границы или изменить условия хранения, сменить поставщика. График ведёт себя так, возможно из-за изменения в составе сырья, поступающего от разных поставщиков. Данный показатель не оказывает влияния на массу 1 м² винилискожи-Т обивочной.

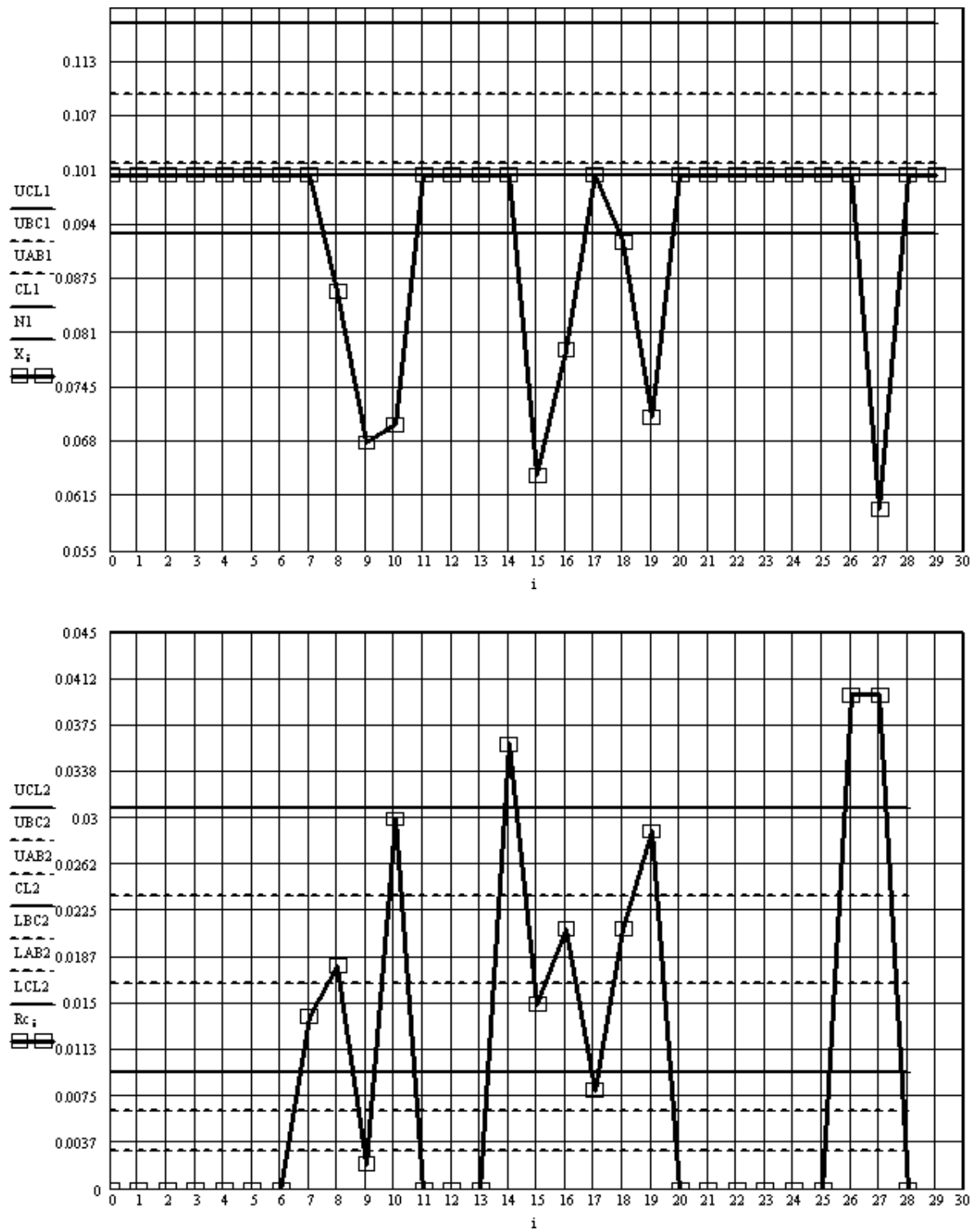


Рис. 44. Двойные X-R контрольные карты Шухарта

Интерпретация R-карты: (рис. 44) Выход точек за верхнюю контрольную границу.

Можно предложить следующие мероприятия: Нужно увеличить верхний предел или работать с поставщиками сырья, т.е. выбрать поставщика, сырьё

которого подходит лучше или переговорить с поставщиком, чтобы он улучшил качество сырья.

3) КОНТРОЛЬНЫЕ КАРТЫ ДЛЯ ПЛАСТИФИКАТОРА ДООА .

а) Плотность при 20 °С:

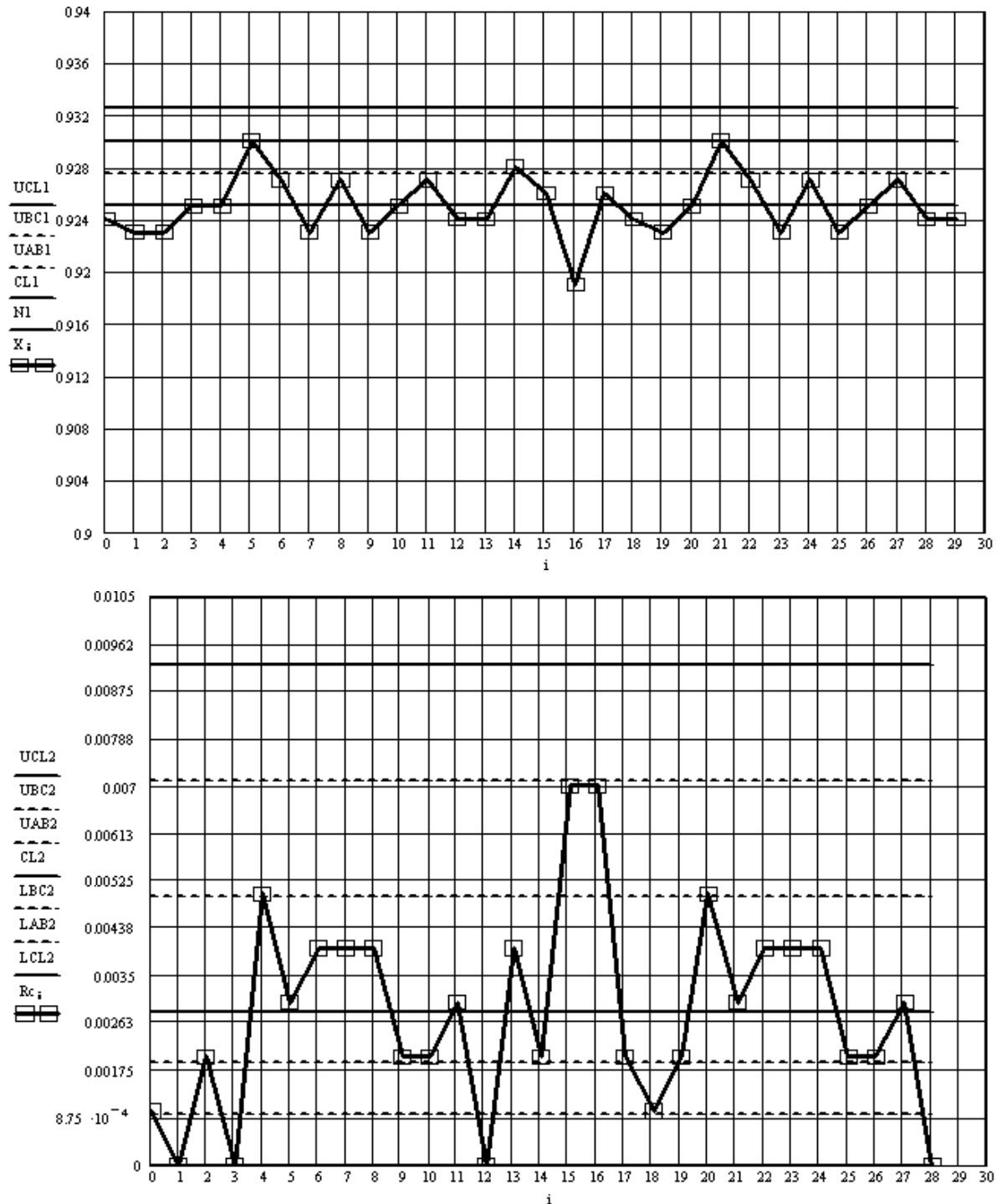


Рис. 45. Двойные X-R контрольные карты Шухарта

Плотность при 20 °С: (Стандартные значения установлены на уровне не более 0,930). **Интерпретация X-карты:** (рис. 45) При сравнении графиков винилискожи-Т обивочной и плотности видим, что график данного

показателя ведёт себя подобным образом (точка: 16). Следовательно, данный показатель оказывает влияние на массу 1 м² винилискожи-Т обивочной.

Эта карта показывает, что нормативное значение занижено, т.е. находится ниже значения верхней границы регулирования.

X-карта показывает, что на ней есть критерии:

- критерий 2–7 точек подряд находятся в зоне С– присутствует для точек 6-13.
- критерий 8 – 4 из 5 последовательных точек лежат вне зоны В - присутствует для точек 15-20.

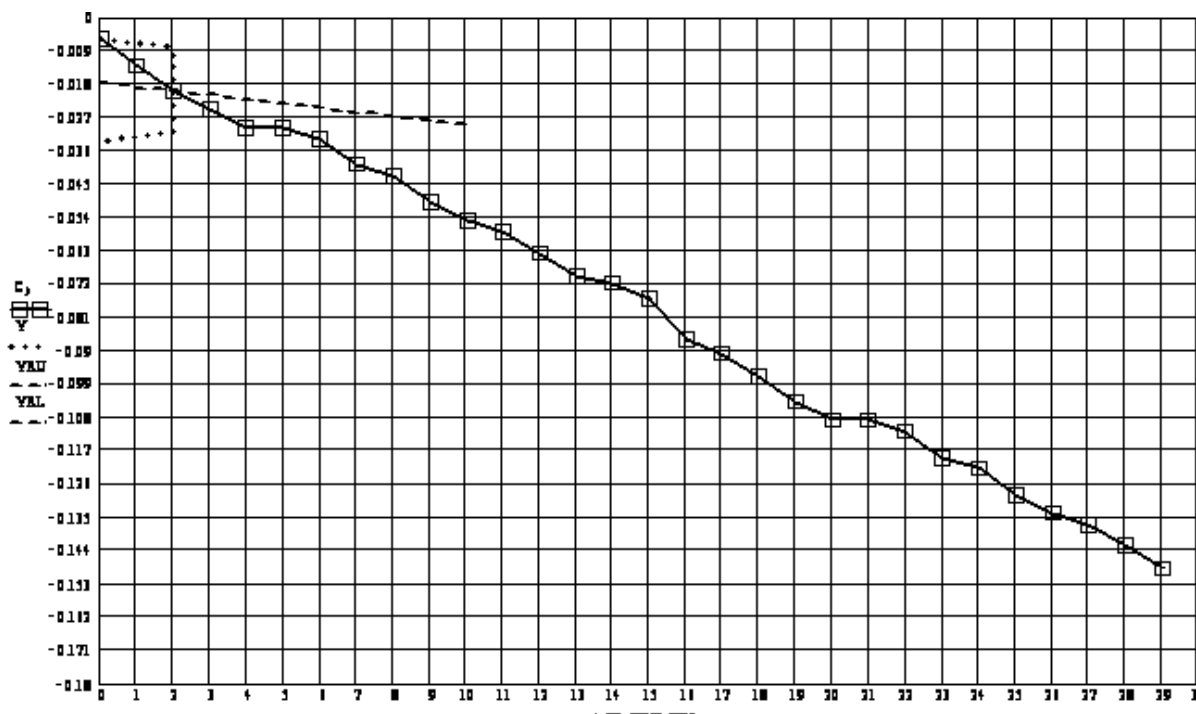


Рис. 46. Контрольная карта кумулятивных сумм для средних значений

Интерпретация КУСУМ- карты для средних значений: (рис. 46)

На КУСУМ- карту средних значений наложим шаблон усеченной V-маски, примененный в двух точках карты для данных значений. Значение $\hat{\sigma}$ принимают равным $4,696 \cdot 10^{-3}$. При наложении шаблона на номер 2 эта кривая остается между лучами. Начиная с 3 номера при наложении шаблона кривая касается верхней разрешающей линии, указывая, что к этому времени имеется достаточно информации о сдвиге от опорного значения вниз, это сигнал о значимом отклонении процесса от целевого значения.

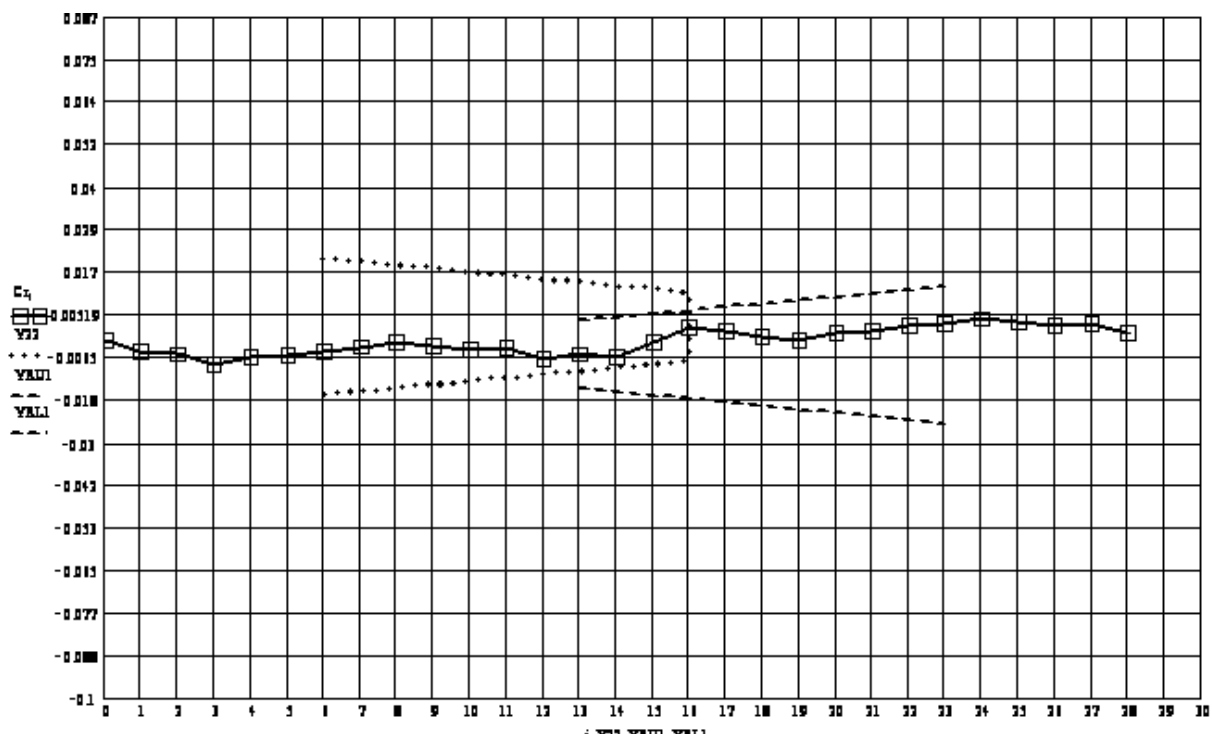


Рис. 47. Контрольная карта кумулятивных сумм для размахов

Локальные разрешающие линии, построенные на КУСУМ- карте средних значений, показывают, что линия, проходящая через точку, полученную для номера наблюдения 1, указывает на номер наблюдения 3, то есть тогда, когда есть смещение от цели вниз в соответствии с линиями усеченной V-маски.

КУСУМ- карту для размахов можно разделить на 3 части (рис. 47). Кривая КУСУМ идет вниз для наблюдений 1-14 (включительно). Кривая идет вверх для наблюдений 15-16 (включительно). Кривая идет вниз для наблюдений 17-29 (включительно).

На КУСУМ- карту размахов наложим шаблон усеченной V-маски, примененный в одной точке карты для данных значений. Значение $\hat{\sigma}$ принимают равным $5,732 \cdot 10^{-3}$. При наложении шаблона на номер 16 эта кривая остается между лучами, как и при наложении шаблона на любой другой номер. Так как вся кривая КУСУМ находится между лучами, то существенного сдвига нет.

Локальные разрешающие линии, построенные на КУСУМ- карте размахов показывают, что ни одна из точек графика не пересекает

предупреждающие границы и все точки находятся в целевой зоне. Следовательно, процесс находится в статистически управляемом состоянии.

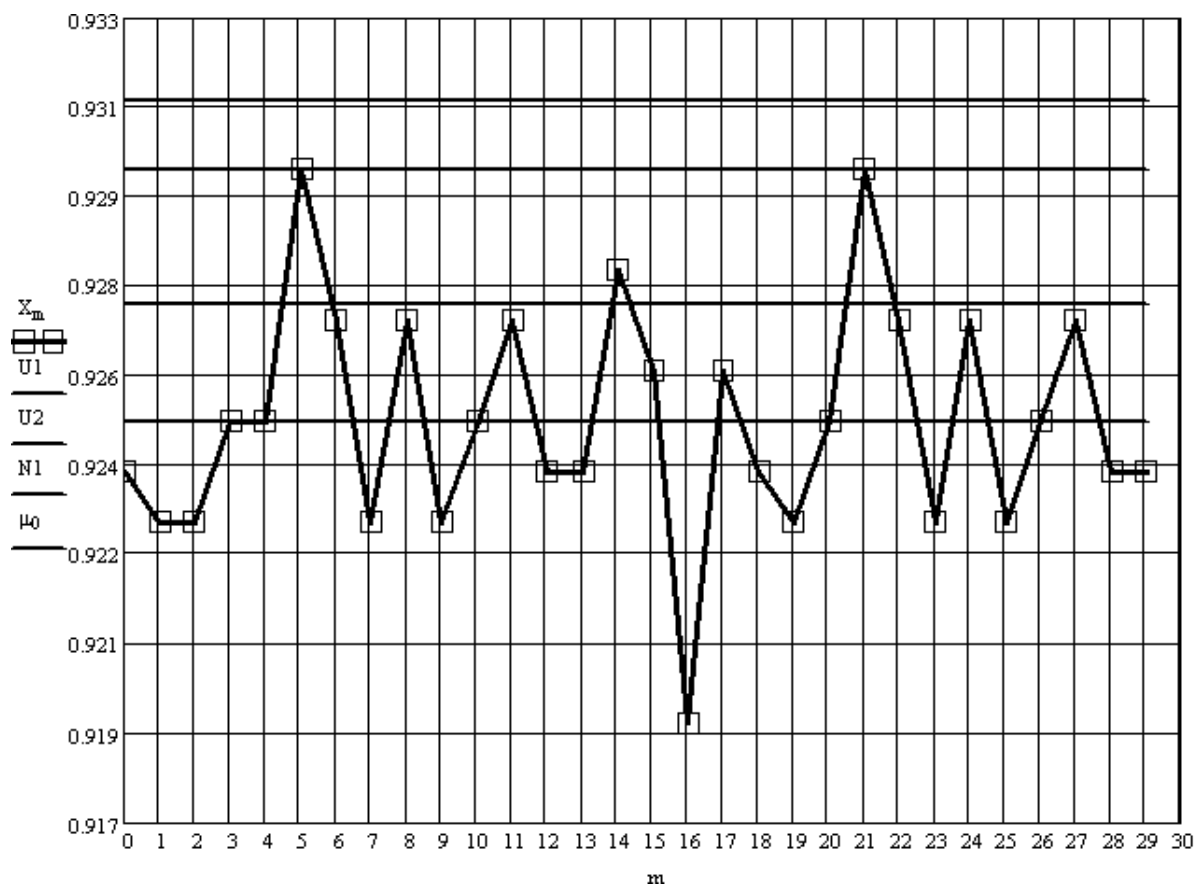


Рис. 48. Контрольная карта для арифметического среднего с предупреждающими границами

Интерпретация контрольных карт арифметического среднего с предупреждающими границами (рис. 48):

Обратим внимание на то, что точки 5; 21 находятся в зоне W+ (предупреждающей) - это может быть сигналом о том, что процесс стремится к выходу из статистически управляемого, но корректировка процесса не может быть произведена, так как в соответствии с принятой процедурой этих точек должно быть две (т.е. две точки подряд), в нашем случае этого не наблюдается.

Корректировка должна быть осуществлена немедленно, при первом же значении X больше 0,937 (т.е. больше значения верхней границы регулирования), но на данной карте такого значения нет.

б) Кислотное число:

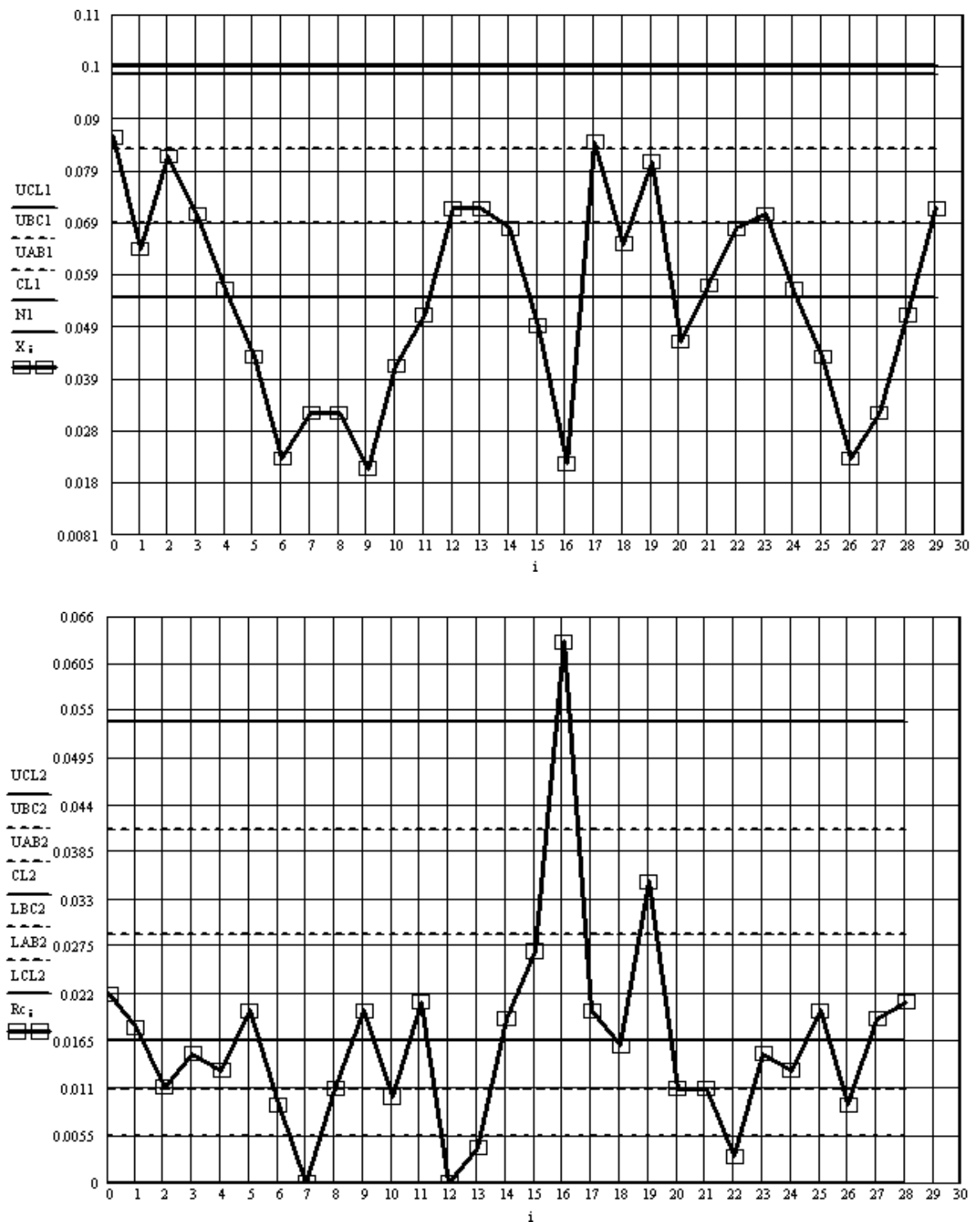


Рис.49. Двойные X-R контрольные карты Шухарта

Кислотное число: (Стандартные значения установлены на уровне не более 0,1 мг/КОН). **Интерпретация X-карты:** (рис. 49) При сравнении графиков винилискожи-Т обивочной и кислотного числа видим, что график данного показателя ведёт себя подобным образом (точки : 0-2; 16). График ведёт себя так , возможно из-за большого систематического различия в

качестве материалов или в оборудовании. Следовательно, данный показатель оказывает влияние на массу 1 м² винилискожи-Т обивочной.

Эта карта показывает, что нормативное значение находится на уровне верхней границы регулирования.

X-карта показывает, что на ней есть критерий:

- критерий 3 – 6 точек подряд располагаются по убыванию – присутствует для точек 2-6.

Интерпретация R-карты: (рис. 49) Выход точки за верхнюю контрольную границу.

Можно предложить следующие мероприятия: Нужно увеличить верхний предел или работать с поставщиками сырья, т.е. выбрать поставщика, сырьё которого подходит лучше или переговорить с поставщиком, чтобы он улучшил качество сырья.

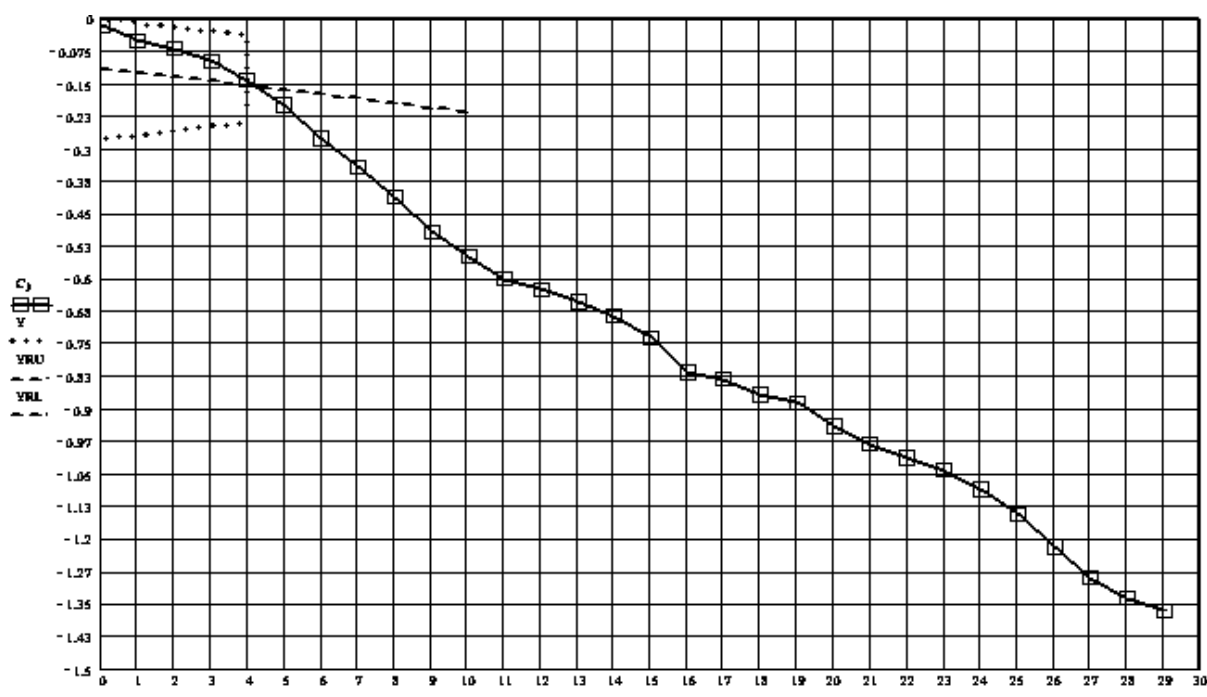


Рис. 50. Контрольная карта кумулятивных сумм для средних значений

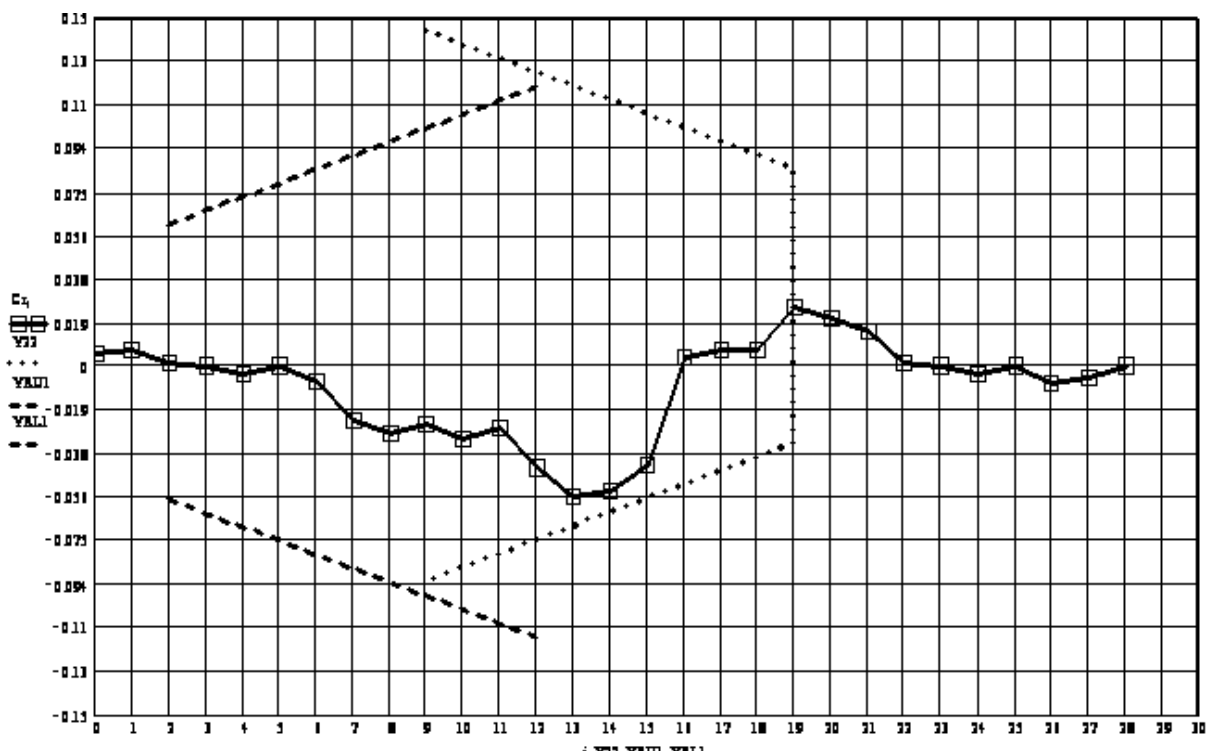


Рис. 51. Контрольная карта кумулятивных сумм для размахов

Интерпретация КУСУМ- карты для средних значений: (рис. 50)

На КУСУМ- карту средних значений наложим шаблон усеченной V-маски, примененный в двух точках карты для данных значений. Значение $\hat{\sigma}$ принимают равным 0,02. При наложении шаблона на номер 3 эта кривая остается между лучами, начиная с 4 номера при наложении шаблона кривая касается верхней разрешающей линии, указывая, что к этому времени имеется достаточно информации о сдвиге от опорного значения вниз, это сигнал о значимом отклонении процесса от целевого значения.

Локальные разрешающие линии, построенные на КУСУМ -карте средних значений, показывают, что линия, проходящая через точку, полученную для номера наблюдения 1, указывает на номер наблюдения 5, то есть тогда, когда есть смещение от цели вниз в соответствии с линиями усеченной V-маски.

КУСУМ- карту для размахов можно разделить на 3 части (рис. 51). Кривая КУСУМ идёт вниз для наблюдений 1-13 (несмотря на локальные выбросы для наблюдения 12). Кривая идет вверх для наблюдений 14-19

(несмотря на локальные выбросы для наблюдения 18). Кривая идет вниз для наблюдений 20-29 (несмотря на локальные выбросы для наблюдения 26).

На КУСУМ- карту размахов наложим шаблон усеченной V-маски, примененный в одной точке карты для данных значений. Значение $\hat{\sigma}$ принимают равным 0,012. При наложении шаблона на номер 19 эта кривая остается между лучами, как и при наложении шаблона на любой другой номер. Так как вся кривая КУСУМ находится между лучами, то существенного сдвига нет.

Локальные разрешающие линии, построенные на КУСУМ- карте размахов показывают, что ни одна из точек графика не пересекает предупреждающие границы и все точки находятся в целевой зоне. Следовательно, процесс находится в статистически управляемом состоянии.

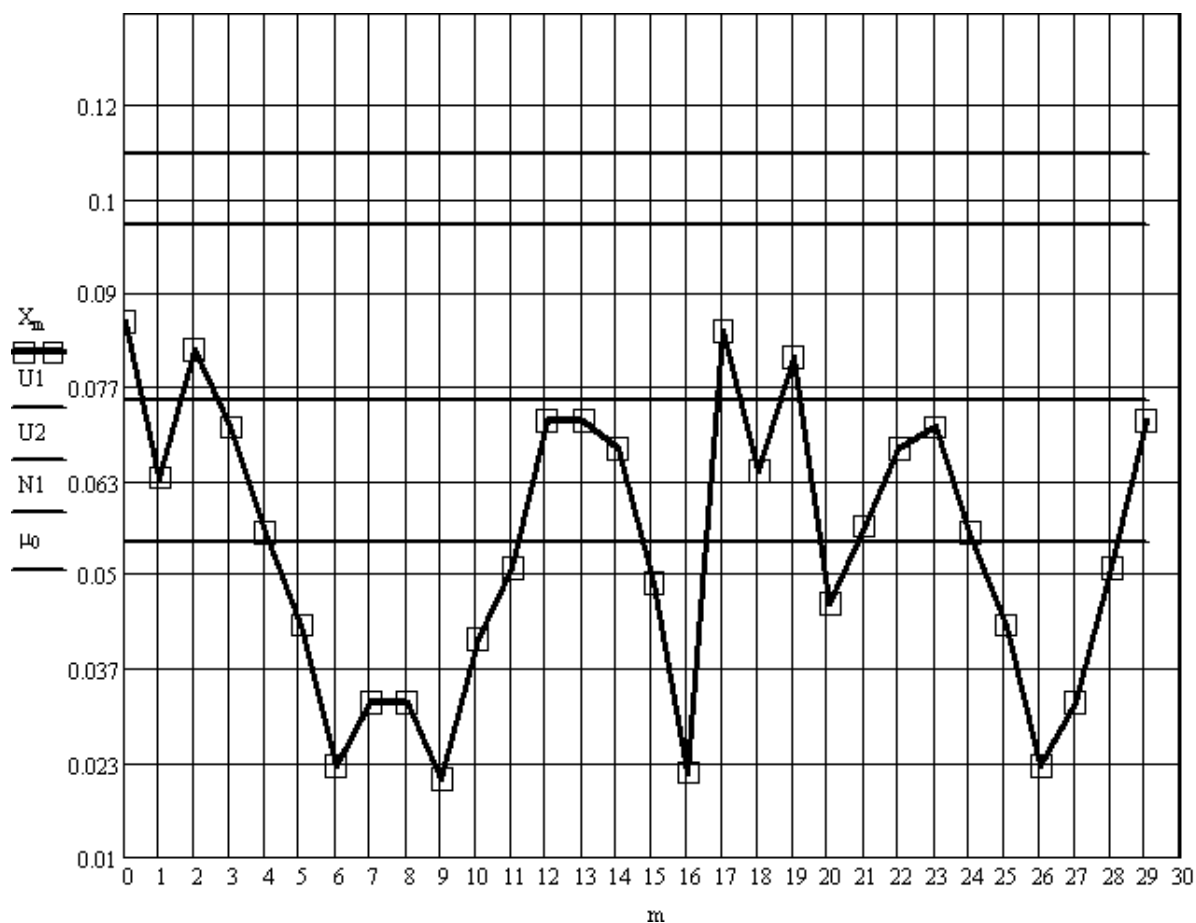


Рис. 52. Контрольная карта для арифметического среднего с предупреждающими границами

Интерпретация контрольных карт арифметического среднего с предупреждающими границами (рис. 52)

Обратим внимание на то, что точки 1; 3; 18; 20 находятся в зоне W+ (предупреждающей)- это может быть сигналом о том, что процесс стремится к выходу из статистически управляемого, но корректировка процесса не может быть произведена, так как в соответствии с принятой процедурой этих точек должно быть две (т.е. две точки подряд), в нашем случае этого не наблюдается.

Корректировка должна быть осуществлена немедленно, при первом же значении \bar{X} больше 0,11 (т.е. больше значения верхней границы регулирования), но на данной карте такого значения нет.

в) Температура вспышки

Температура вспышки: (Стандартные значения установлены на уровне не менее 194°C). Интерпретация X-карты: (рис. 53) здесь видны значительные скачки температуры. При сравнении графиков винилискожи-Т обивочной и температуры вспышки видим, что график данного показателя ведёт себя подобным образом (точки: 0-2; 4-5; 6-7; 27). График ведёт себя так, возможно из-за изменения в составе сырья, поступающего от разных поставщиков. Следовательно, данный показатель оказывает влияние на массу 1 м² винилискожи-Т обивочной.

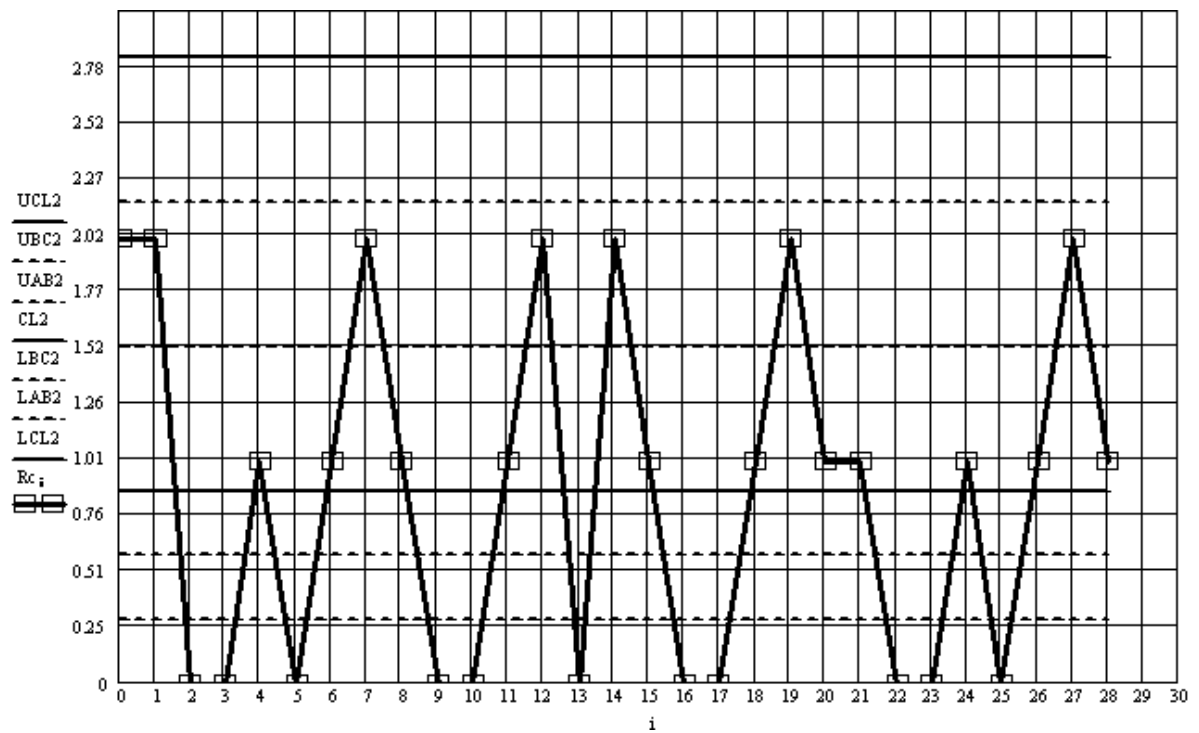
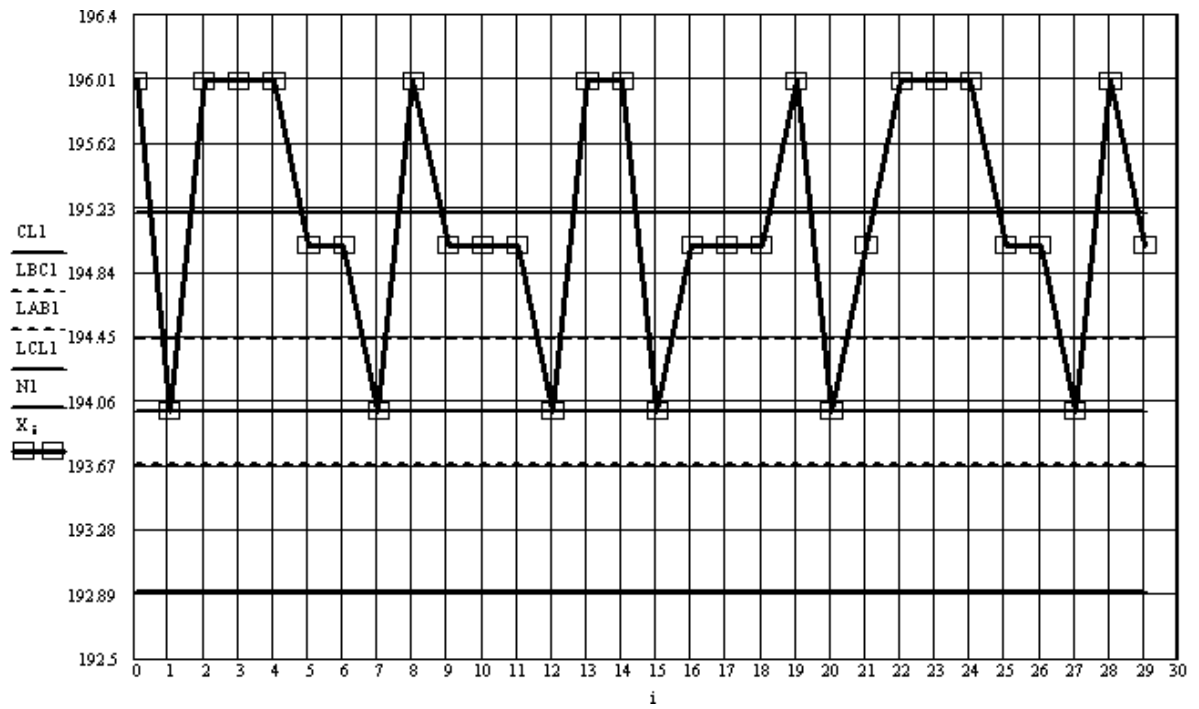


Рис. 53. Двойные X-R контрольные карты Шухарта

Эта карта показывает, что нормативное значение завышено, т.е. находится выше значения нижней границы регулирования.

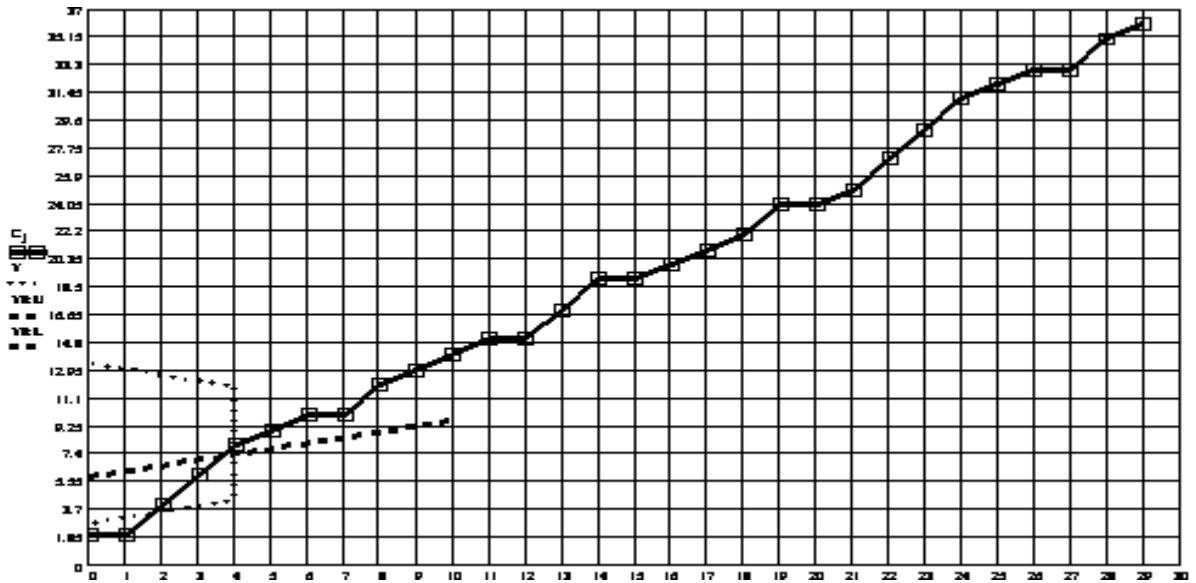


Рис. 54. Контрольная карта кумулятивных сумм для средних значений

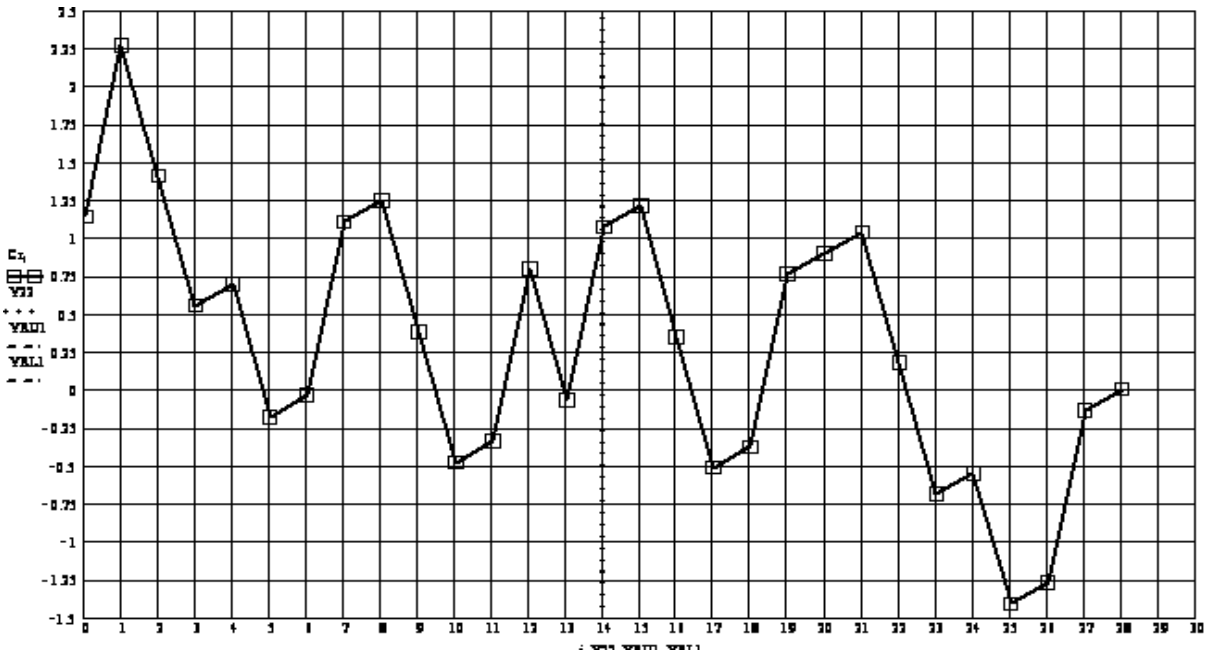


Рис. 55. Контрольная карта кумулятивных сумм для размахов

Интерпретация КУСУМ- карты для средних значений: (рис. 54)

На КУСУМ- карту средних значений наложим шаблон усеченной V-маски, примененный в двух точках карты для данных значений. Значение $\hat{\sigma}$ принимают равным 0,791. При наложении шаблона на точку номер 3 эта кривая остается между лучами, начиная с 4 номера при наложении шаблона кривая касается нижней разрешающей линии, указывая, что к этому времени имеется достаточно информации о сдвиге от опорного значения вверх, это сигнал о значимом отклонении процесса от целевого значения.

Локальные разрешающие линии, построенные на КУСУМ- карте средних значений, показывают, что линия, проходящая через точку, полученную для номера наблюдения 1, указывает на номер наблюдения 5, то есть тогда, когда есть смещение от цели вниз в соответствии с линиями усеченной V-маски.

КУСУМ- карту для размахов можно разделить на 8 частей (рис. 55). Кривая КУСУМ идёт вниз для наблюдений 1-6 (несмотря на локальные выбросы для наблюдения 1; 5). Кривая идет вверх для наблюдений 7-8 (включительно). Кривая идет вниз для наблюдений 9-10 (включительно). Кривая идет вверх для наблюдений 11-15(несмотря на локальные выбросы для наблюдения 14). Кривая идет вниз для наблюдений 16-18 (несмотря на локальные выбросы для наблюдения 17). Кривая идет вверх для наблюдений 19-21 (включительно). Кривая идет вниз для наблюдений 22-26 (несмотря на локальные выбросы для наблюдения 25). Кривая идет вверх для наблюдений 27-29 (включительно).

На КУСУМ- карту размахов наложим шаблон усеченной V-маски, примененный в одной точке карты для данных значений. Значение $\hat{\sigma}$ принимают равным 0,789. При наложении шаблона на номер 14 эта кривая остается между лучами, как и при наложении шаблона на любой другой номер. Так как вся кривая КУСУМ находится между лучами, то существенного сдвига нет.

Локальные разрешающие линии, построенные на КУСУМ- карте размахов показывают, что ни одна из точек графика не пересекает предупреждающие границы и все точки находятся в целевой зоне. Следовательно, процесс находится в статистически управляемом состоянии.

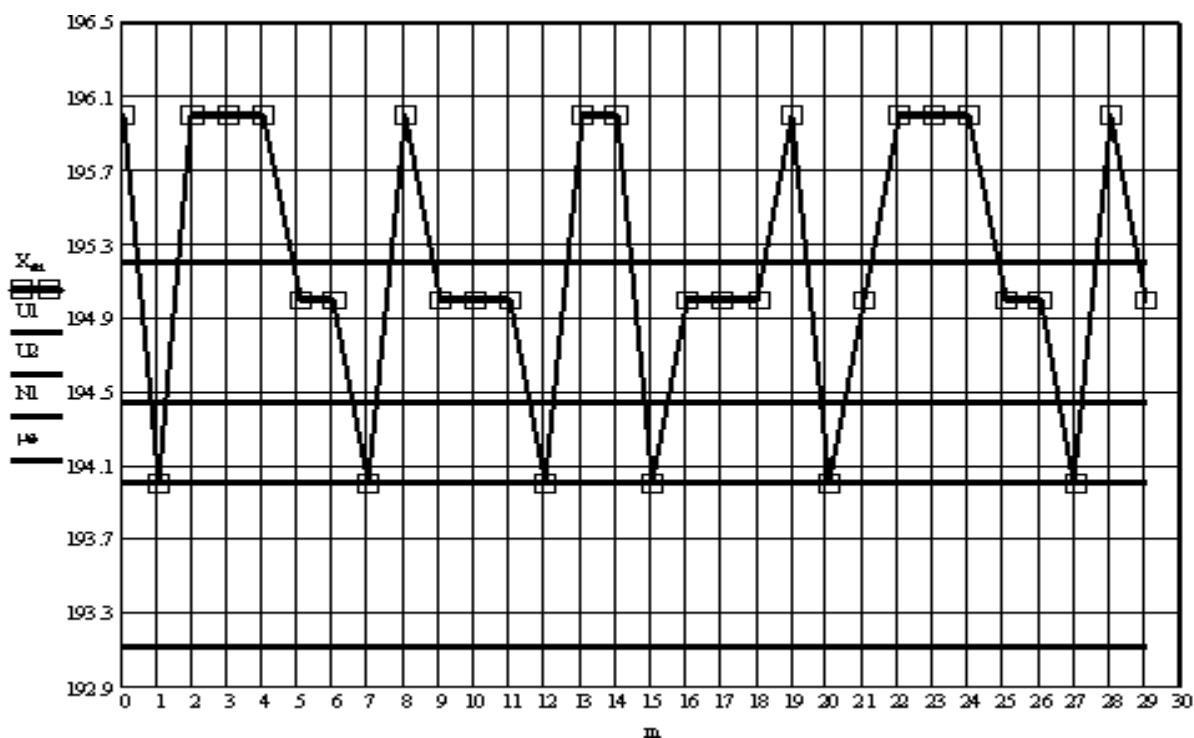


Рис. 56. Контрольная карта для арифметического среднего с предупреждающими границами

Интерпретация контрольных карт арифметического среднего с предупреждающими границами (рис. 56):

Обратим внимание на то, что точки 2; 8; 14; 16; 21; 28 находятся в зоне W- (предупреждающей) - это может быть сигналом о том, что процесс стремится к выходу из статистически управляемого, но корректировка процесса не может быть произведена, так как в соответствии с принятой процедурой этих точек должно быть две (т.е. две точки подряд), в нашем случае этого не наблюдается.

Корректировка должна быть осуществлена немедленно, при первом же значении X меньше 192,992 (т.е. больше значения нижней границы регулирования), но на данной карте такого значения нет.

2.3.3. Построение и интерпретация контрольных карт для параметров технологического процесса

Чтобы выяснить, как влияют параметры технологического процесса на качество винилскожи-Т обивочной, построим и проанализируем двойные X-R контрольные карты Шухарта, контрольные карты кумулятивных сумм,

контрольные карты арифметического среднего с предупреждающими границами – для следующих параметров технологического процесса:

- 1) температура смесителя.
- 2) скорость каландровой линии.
- 3) температура выгружаемой смеси.

1) Температура смесителя

ТЕМПЕРАТУРА СМЕСИТЕЛЯ: (Стандартные значения установлены на уровне 120 ± 20 °С). **Интерпретация X-карты:** X-карта (рис. 57) показывает, что процесс смещён относительно центральной линии (вниз). Чем выше температура смесителя, тем легче смесь, следовательно, тем меньше масса винилискожи-Т обивочной. Следовательно, температуру смесителя работники цеха не контролируют. Данный показатель оказывает влияние на массу 1 м^2 винилискожи-Т обивочной.

X-карта показывает, что на ней есть критерий:

- критерий 2 –7 точек подряд находятся в зоне С–присутствует для точек 2-21.

Интерпретация R-карты:

R-карта (рис. 57) показывает, что процесс смещён относительно центральной линии (вниз). Завышен допуск.

Корректирующие действия: 1) следует изменить параметры технологического процесса, т.е. увеличить температуру смесителя.

2) уменьшить допуск - при контроле процесса с помощью контрольных карт это позволит своевременно обнаруживать отклонения процесса от среднего и оперативно вносить коррективы в ведение процесса.

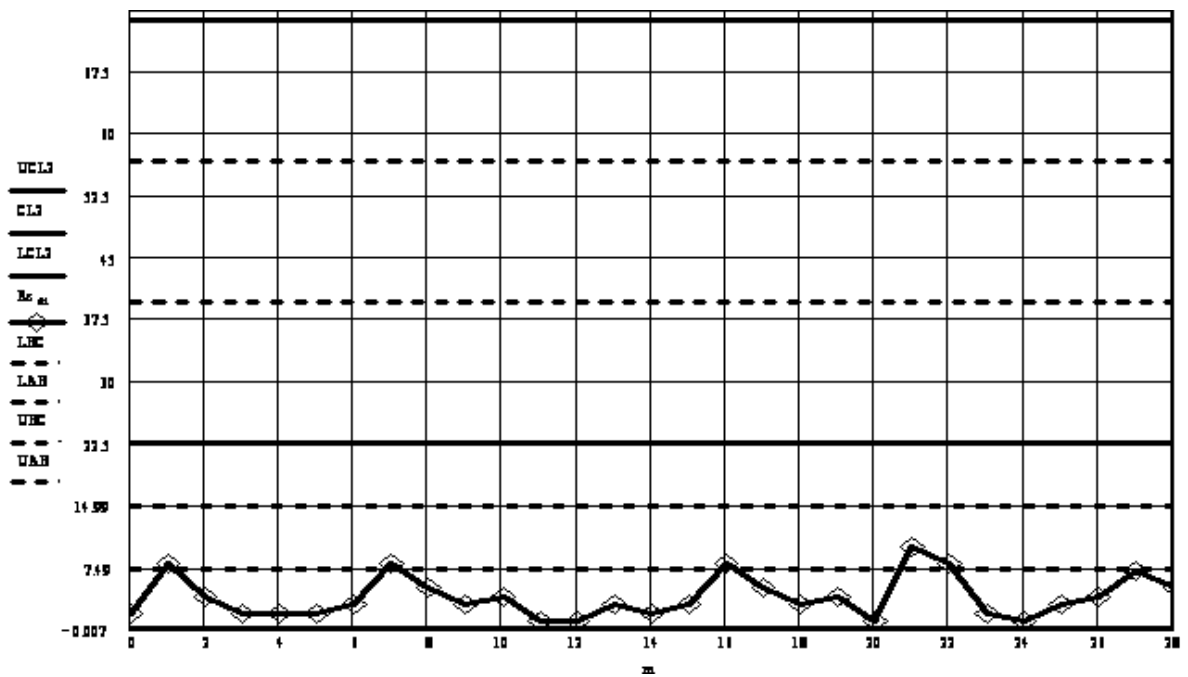
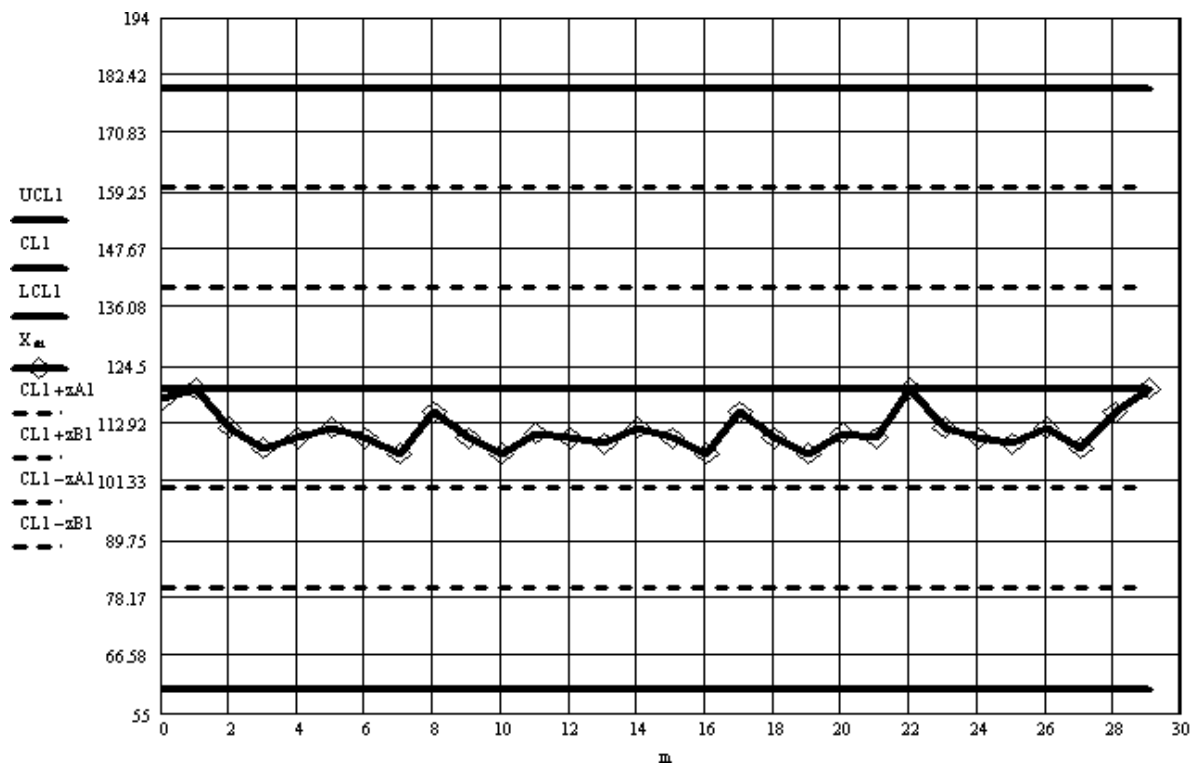


Рис. 57. Двойные X-R контрольные карты Шухарта

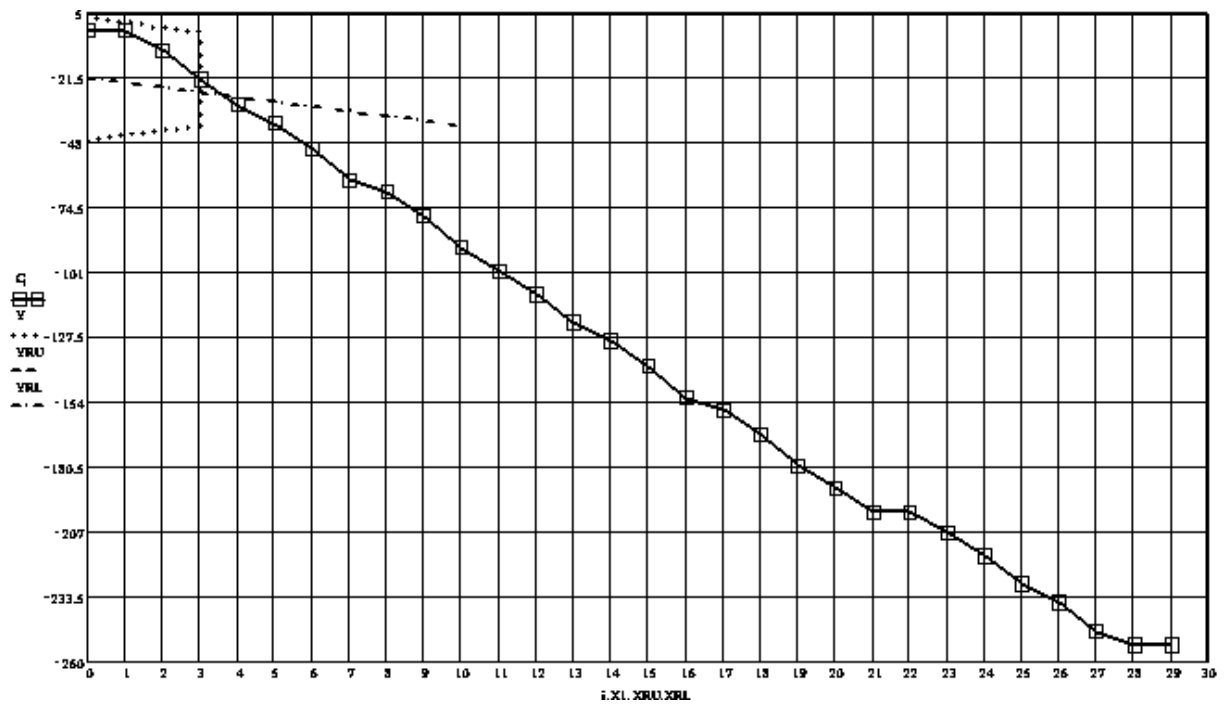


Рис. 58. Контрольная карта кумулятивных сумм для средних значений

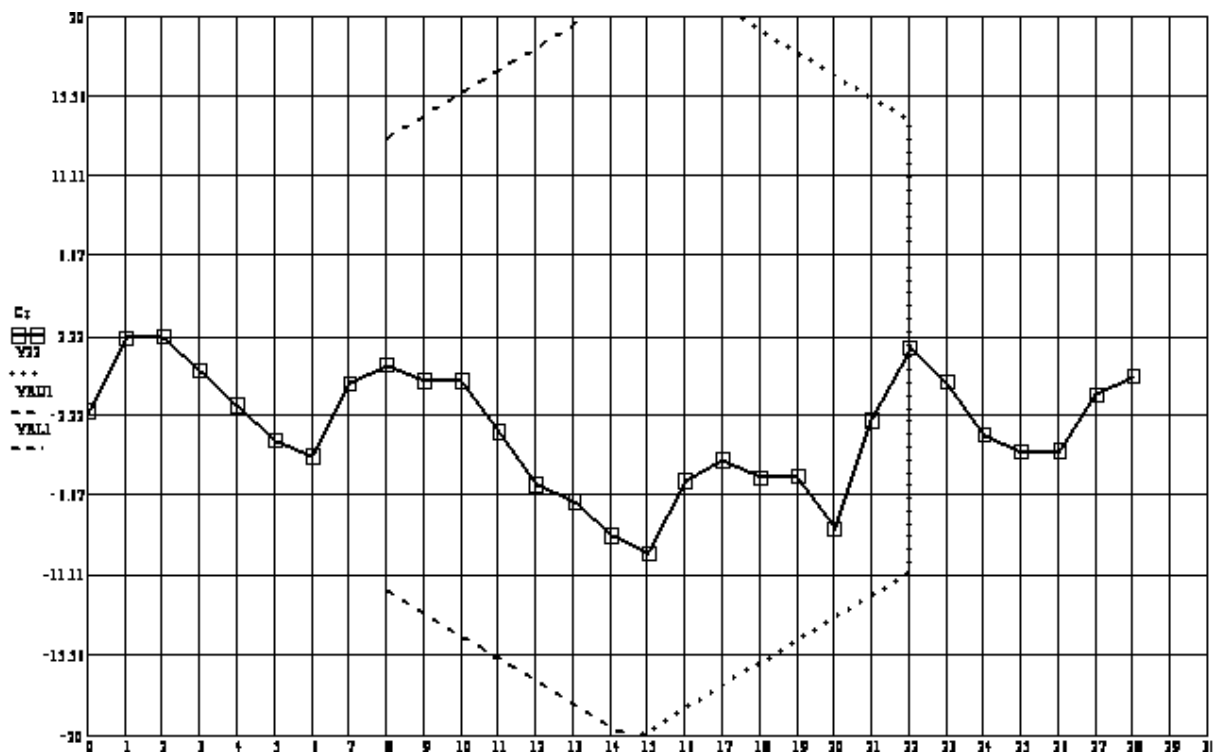


Рис. 59. Контрольная карта кумулятивных сумм для размахов

Интерпретация КУСУМ- карты для средних значений (рис. 58)

На КУСУМ- карту средних значений наложим шаблон усеченной V-маски, примененный в двух точках карты для данных значений. Значение $\hat{\sigma}$ принимают равным 20. При наложении шаблона на номер 3 эта кривая остается между лучами, начиная с 4 номера при наложении шаблона кривая

касается верхней разрешающей линии, указывая, что к этому времени имеется достаточно информации о сдвиге от опорного значения вниз, это сигнал о значимом отклонении процесса от целевого значения.

Локальные разрешающие линии, построенные на КУСУМ- карте средних значений, показывают, что линия, проходящая через точку, полученную для номера наблюдения 1, указывает на номер наблюдения 4, то есть тогда, когда есть смещение от цели вниз в соответствии с линиями усеченной V-маски.

КУСУМ- карту для размахов можно разделить на 3 частей (рис. 59). Кривая идёт вниз для наблюдений 1-15 (несмотря на локальные выбросы для наблюдения 1; 8; 9; 10). Кривая идет вверх для наблюдений 16-22 (несмотря на локальные выбросы для наблюдения 21). Кривая идёт вниз для наблюдений 23-29 (несмотря на локальные выбросы для наблюдения 28, 29).

На КУСУМ- карту размахов наложим шаблон усеченной V-маски, примененный в одной точке карты для данных значений. Значение $\hat{\sigma}$ принимают равным 2,52. При наложении шаблона на номер 22 эта кривая остается между лучами, как и при наложении шаблона на любой другой номер. Так как вся кривая КУСУМ находится между лучами, то существенного сдвига нет.

Локальные разрешающие линии, построенные на КУСУМ- карте размахов показывают, что ни одна из точек графика не пересекает предупреждающие границы и все точки находятся в целевой зоне. Следовательно, процесс находится в статистически управляемом состоянии.

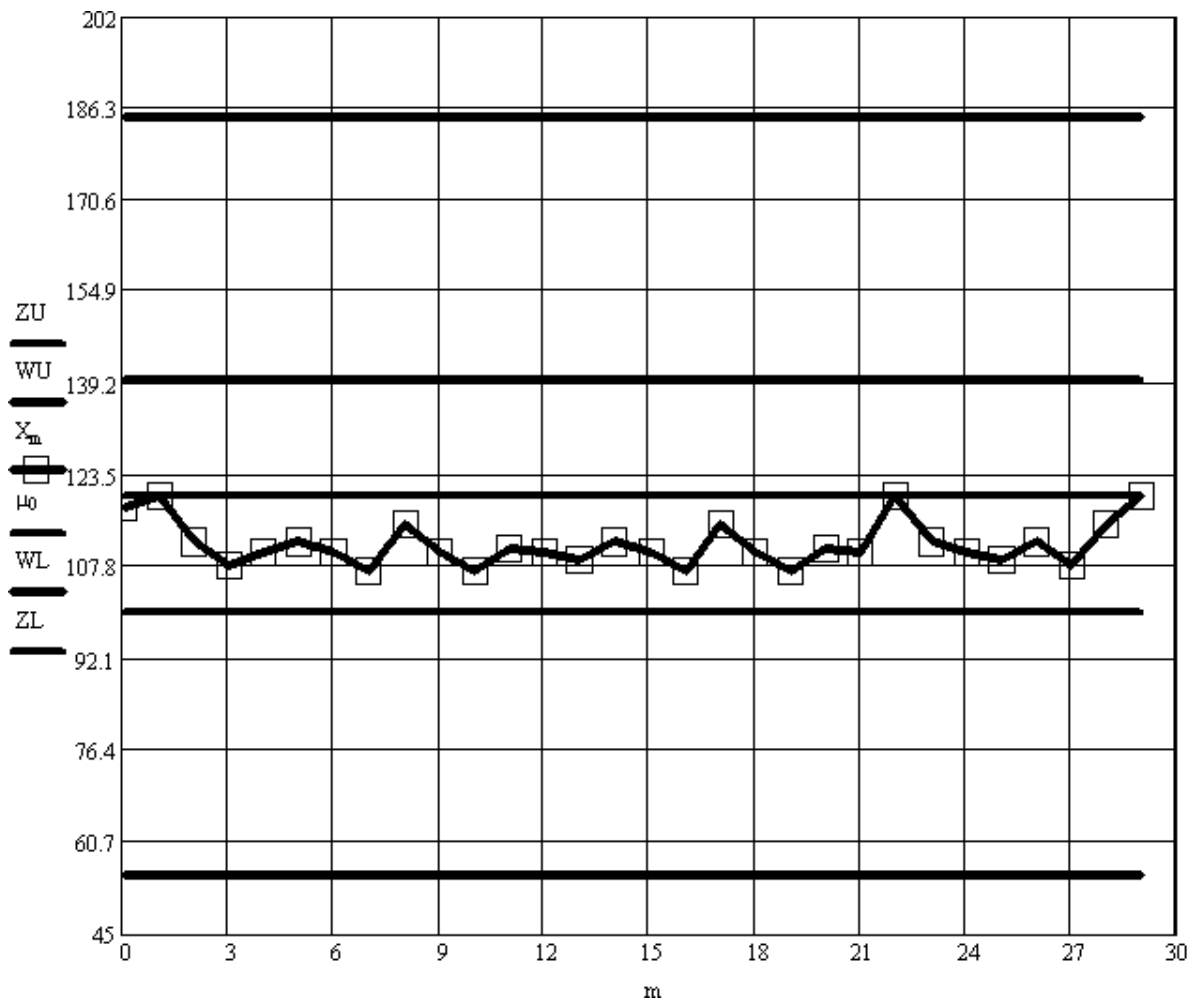


Рис. 60. Контрольная карта для арифметического среднего с предупреждающими границами

Интерпретация контрольных карт арифметического среднего с предупреждающими границами (рис. 60)

Видим, что все точки находятся в зоне Т (целевой) и корректировка процесса не может быть произведена.

Корректировка должна быть осуществлена немедленно, при первом же значении \bar{X} больше 185 (т.е. больше значения верхней границы регулирования) и при первом же значении \bar{X} меньше 55 (т.е. меньше значения нижней границы регулирования), но на данной карте такого значения нет.

3) Скорость каландровой линии (Стандартные значения установлены на уровне 30 ± 10 м/мин).

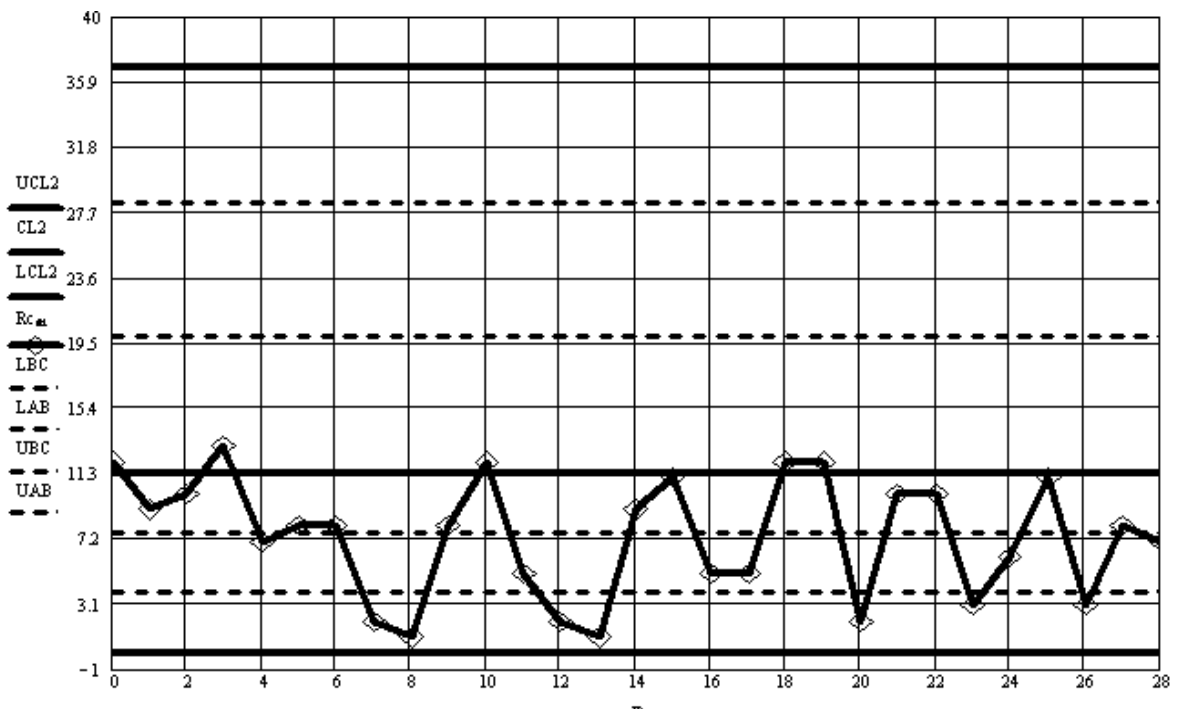
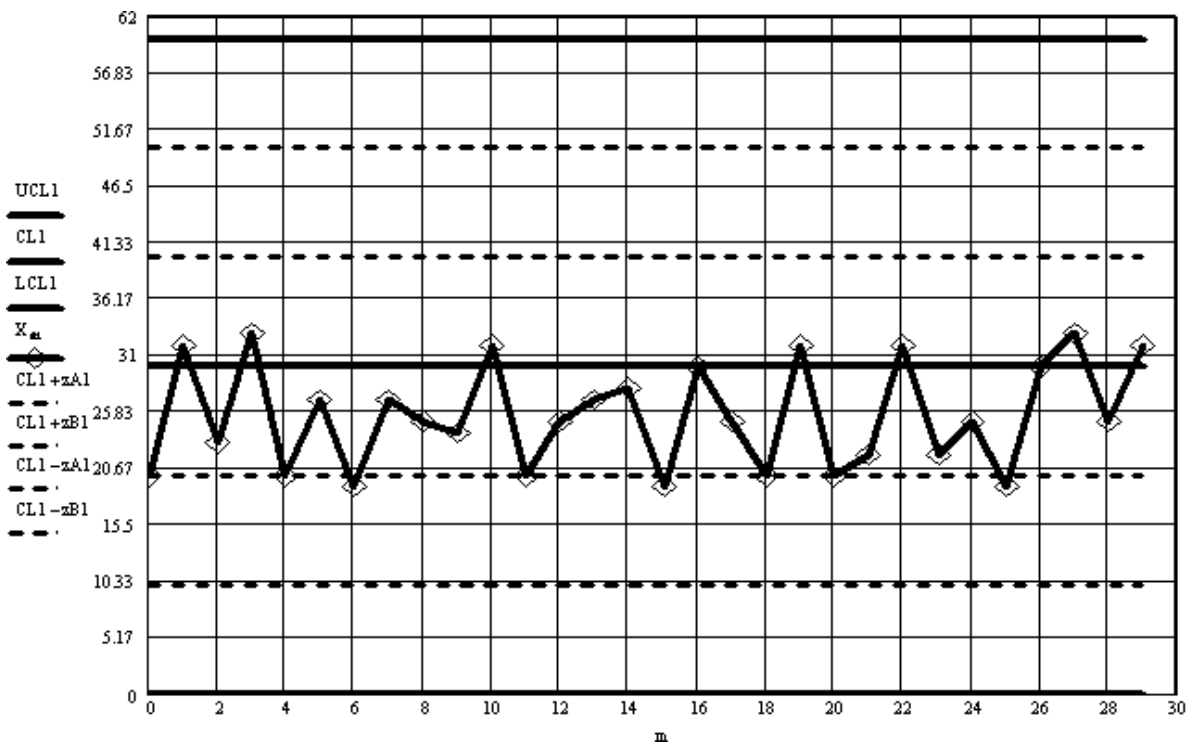


Рис. 61. Двойные X-R контрольные карты Шухарта

Интерпретация X-карты: X-карта (рис. 61) показывает, что процесс смещён относительно центральной линии (вниз). Чем выше скорость каландровой линии, тем меньше масса винилискожи-Т обивочной.

Следовательно, данный показатель оказывает влияние на массу 1 м² винилискожи-Т обивочной.

X-карта показывает, что на ней есть критерии:

критерий 2 – 7 точек подряд находятся в зоне С или по одну сторону от центральной линии– присутствует для точек 7-14.

Интерпретация R-карты:

R-карта (рис. 61) показывает, что процесс смещён относительно центральной линии (вниз). Завышен допуск.

Корректирующие действия:

1) следует изменить параметры технологического процесса, т.е. увеличить скорость каландровой линии.

2) уменьшить допуск - при контроле процесса с помощью контрольных карт это позволит своевременно обнаруживать отклонения процесса от среднего и оперативно вносить коррективы в ведение процесса.

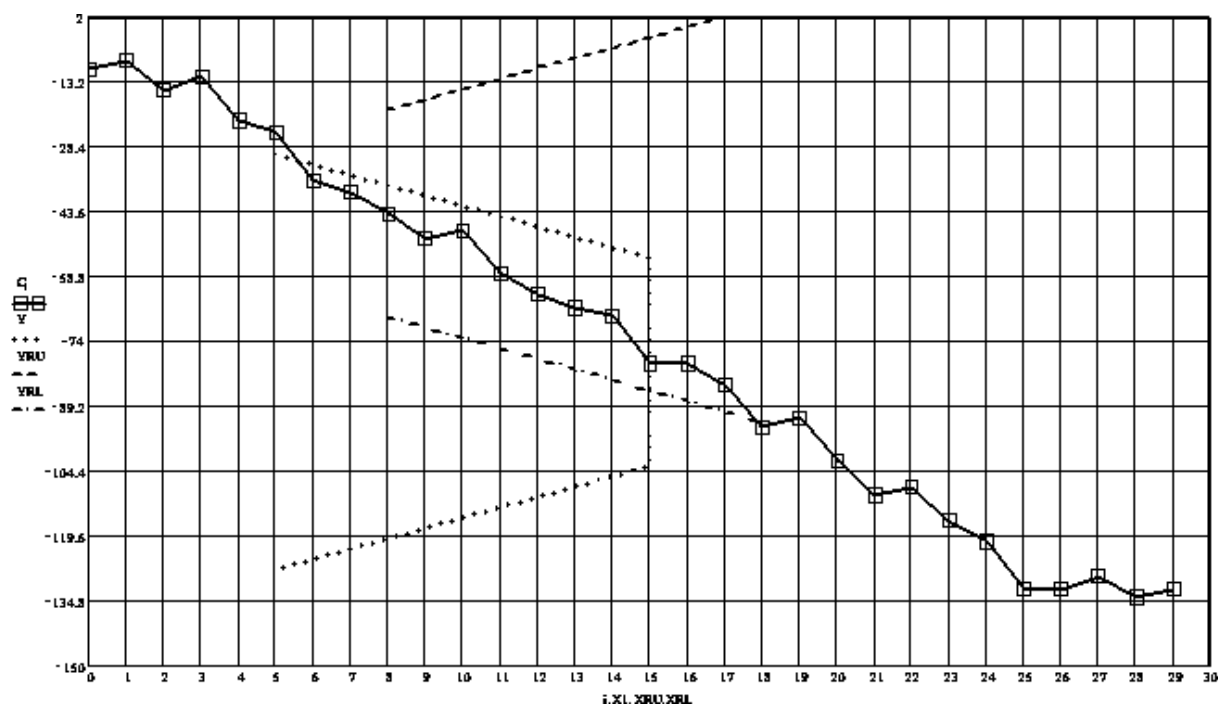


Рис. 62. Контрольная карта кумулятивных сумм для средних значений

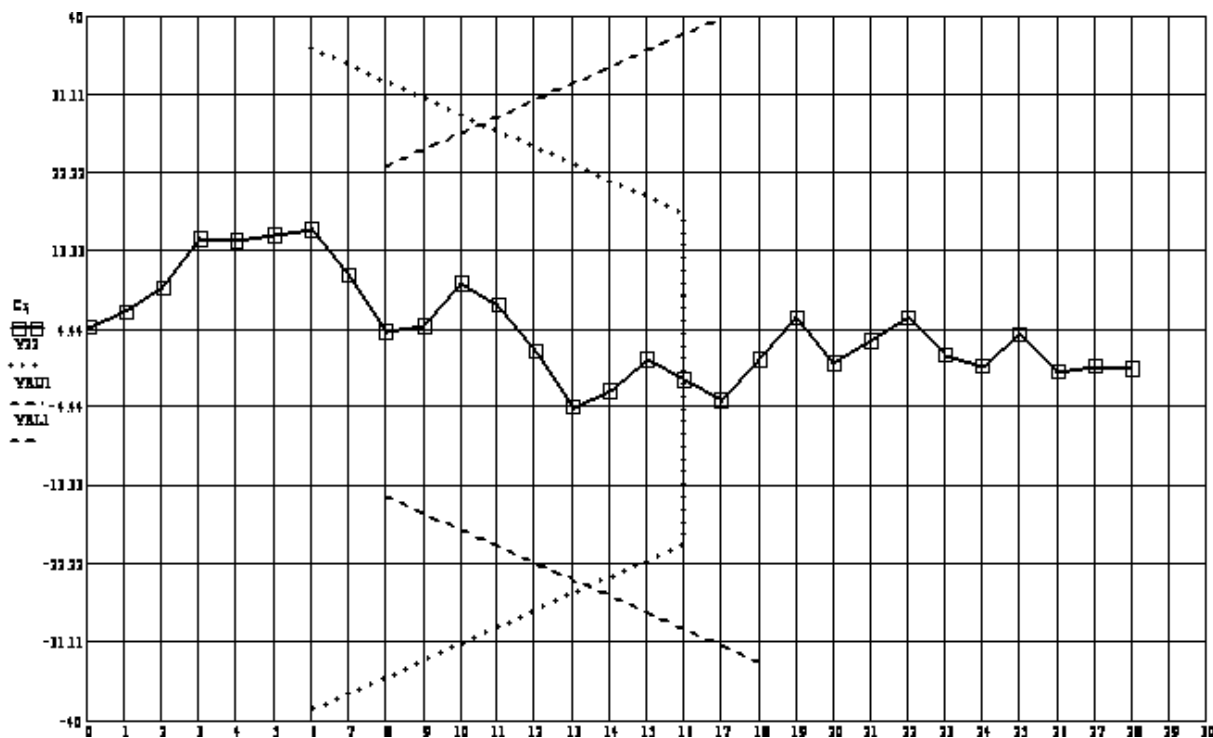


Рис. 63. Контрольная карта кумулятивных сумм для размахов

Интерпретация КУСУМ- карты для средних значений (рис. 62)

На КУСУМ- карту средних значений наложим шаблон усеченной V-маски, примененный в двух точках карты для данных значений. Значение $\hat{\sigma}$ принимают равным 10. При наложении шаблона на номер 14 эта кривая остается между лучами, начиная с 15 номера при наложении шаблона кривая касается верхней разрешающей линии, указывая, что к этому времени имеется достаточно информации о сдвиге от опорного значения вниз, это сигнал о значимом отклонении процесса от целевого значения.

Локальные разрешающие линии, построенные на КУСУМ- карте средних значений, показывают, что линия, проходящая через точку, полученную для номера наблюдения 8, указывает на номер наблюдения 18, то есть тогда, когда есть смещение от цели вниз в соответствии с линиями усеченной V-маски.

КУСУМ- карту для размахов можно разделить на 3 части (рис. 63). Кривая идёт вверх для наблюдений 1-6 (включительно). Кривая идет вниз для наблюдений 7-13 (несмотря на локальные выбросы для наблюдения 10; 11).

Кривая КУСУМ параллельна оси x - то есть является горизонтальной для наблюдений 14-29 (включительно).

На КУСУМ- карту размахов наложим шаблон усеченной V-маски, примененный в одной точке карты для данных значений. Значение $\hat{\sigma}$ принимают равным 3,762. При наложении шаблона на номер 16 эта кривая остается между лучами, как и при наложении шаблона на любой другой номер. Так как вся кривая КУСУМ находится между лучами, то существенного сдвига нет.

Локальные разрешающие линии, построенные на КУСУМ- карте размахов показывают, что ни одна из точек графика не пересекает предупреждающие границы и все точки находятся в целевой зоне. Следовательно, процесс находится в статистически управляемом состоянии.

4) Температура выгружаемой смеси (Стандартные значения установлены на уровне не менее $160 \pm 20^\circ\text{C}$).

Интерпретация X-карты: Чем выше температура смеси, тем она легче, следовательно, тем меньше масса винилискожи-Т обивочной. X-карта показывает, что данный показатель не оказывает влияния на качество винилискожи-Т обивочной (рис. 65). Следовательно, качество винилискожи-Т обивочной не зависит от данного показателя.

Интерпретация R-карты: R-карта (рис. 64) показывает, что процесс смещён относительно центральной линии (вниз). Завышен допуск. Следует уменьшить допуск - при контроле процесса с помощью контрольных карт это позволит своевременно обнаруживать отклонения процесса от среднего и оперативно вносить коррективы в ведение процесса.

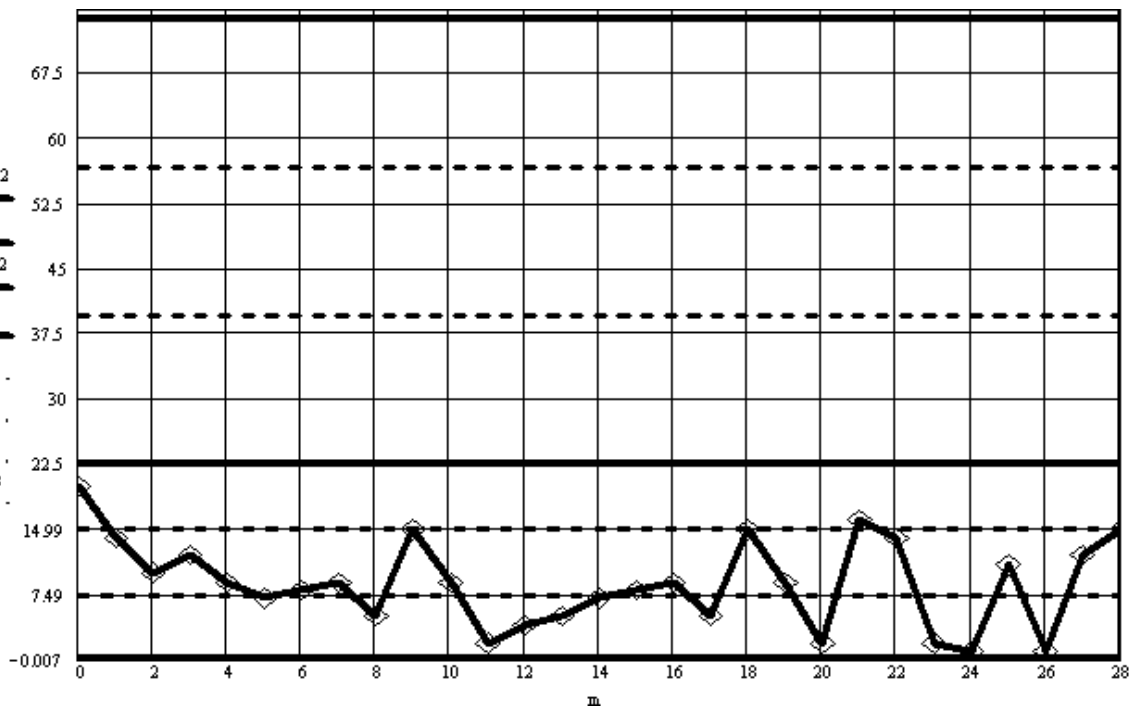
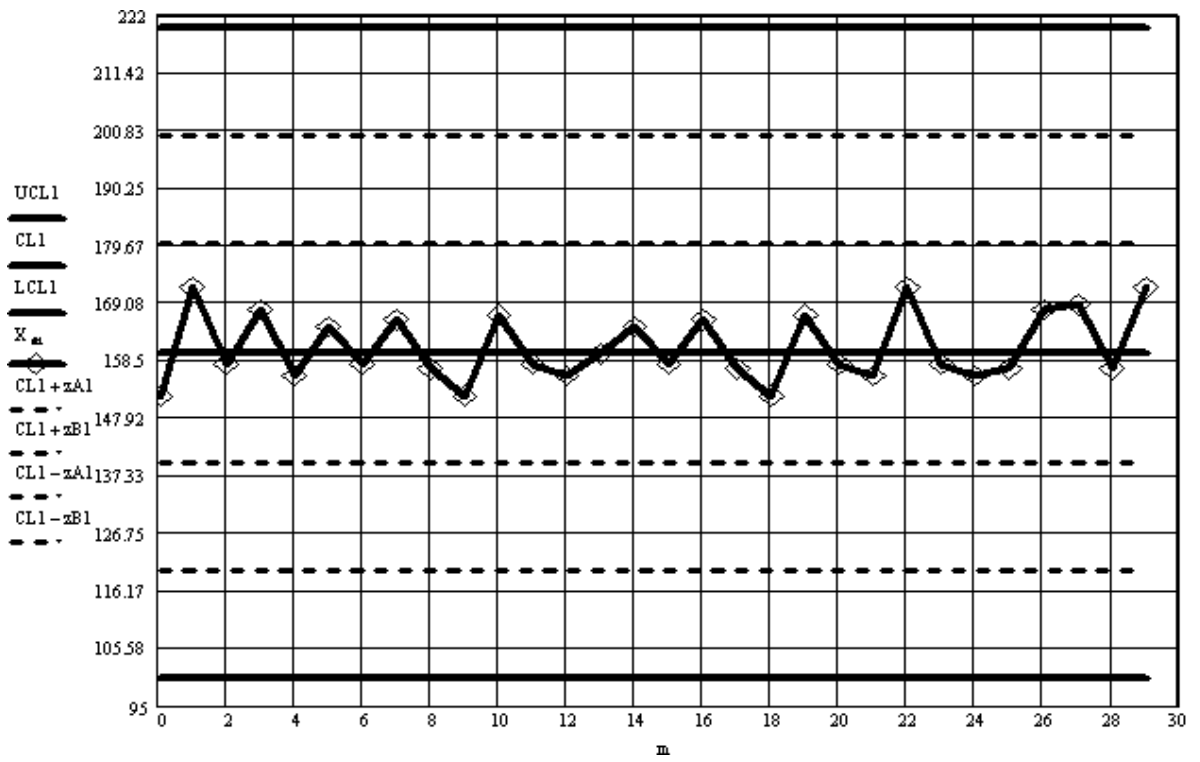


Рис. 64. Двойные X-R контрольные карты Шухарта

3. ПРИМЕР ВЫЧИСЛЕНИЯ КОРРЕЛЯЦИОННОГО КОЭФФИЦИЕНТА

Для выбора оптимальных условий проведения процесса полиэтирификации жирных кислот с помощью гликолей проводились исследования влияния концентрации катализатора Скат на выход целевого продукта $Y\%$, при фиксированной температуре. По результатам экспериментальных исследований, приведенных в таблице 1, оценить степень линейной зависимости между выходом целевого продукта и концентрации катализатора.

Таблица 16

N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$Y, \%$	67.4	64.8	73.4	69.3	72.9	69.8	73.6	69.4	70.1	71.2
$C_{\text{кат}} \cdot 10^{-3},$ МОЛ/Л	0.55	0.58	0.71	0.82	0.74	0.78	0.82	0.85	0.74	0.64

С помощью математической системы Mathcad можно проводить наиболее распространенные статистические расчеты с данными, представленными векторами их значений. Для этих целей в системе Mathcad существует группа функций относящихся к вычислению основных статистических параметров таких как:

$\text{mean}(X)$ – возвращает среднее значение элементов вектора X ;

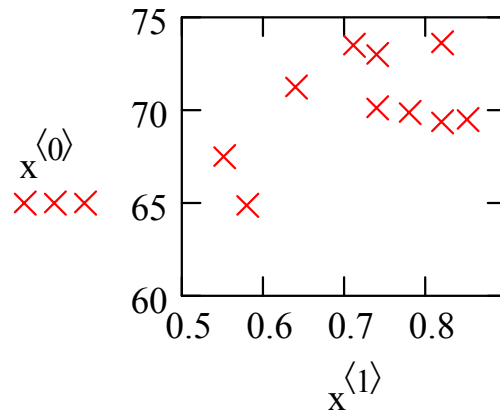
$\text{var}(X)$ – возвращает дисперсию для элементов вектора X ;

$\text{corr}(X, Y)$ – возвращает коэффициент корреляции двух векторов X, Y ;

$\text{covar}(X, Y)$ – возвращает коэффициент ковариации X и Y .

Ниже приводится пример вычисления в системе Mathcad коэффициентов корреляции, ковариации и основных статистических параметров массива данных, приведенных в таблице 16.

$$x := \begin{pmatrix} 67.4 & 0.55 \\ 64.8 & 0.58 \\ 73.4 & 0.71 \\ 69.3 & 0.82 \\ 72.9 & 0.74 \\ 69.8 & 0.78 \\ 73.6 & 0.82 \\ 69.4 & 0.85 \\ 70.1 & 0.74 \\ 71.2 & 0.64 \end{pmatrix}$$



$$m1 := \text{mean}(x^{(0)})$$

$$m1 = 70.19$$

$$s1 := \text{var}(x^{(0)})$$

$$s1 = 6.871$$

$$x1 := \text{cvar}(x^{(0)}, x^{(1)})$$

$$x1 = 0.129$$

$$m2 := \text{mean}(x^{(1)})$$

$$m2 = 0.723$$

$$s2 := \text{var}(x^{(1)})$$

$$s2 = 9.621 \times 10^{-3}$$

$$x2 := \text{corr}(x^{(0)}, x^{(1)})$$

$$x2 = 0.503$$

В результате расчета были получены следующие значения статистических параметров экспериментальных данных, приведенных в таблице 1:

$$M(\text{Скат}) = 0.723; M(Y) = 70.19; \sigma(\text{Скат}) = 9.621 \cdot 10^{-3}; \sigma(Y) = 6.871;$$

$$k(Y, \text{Скат}) = 0.129; r(Y, \text{Скат}) = 0.503$$

Поскольку вычисленное значение коэффициента корреляции приблизительно равно 0.5, то этот результат показывает, что степень линейности зависимости между концентрацией катализатора и выходом целевого продукта в процессе полиэтирификации жирных кислот с помощью гликолей *значительна*.

В случае нескольких факторов, корреляционный анализ проводится аналогично. Ниже приводится пример многофакторного анализа, реализованный в системе Mathcad, в котором проводятся оценка степени влияния шести технологических факторов на показатель качества готового продукта.

4. ПРИМЕР ПРОГРАММЫ «КОРРЕЛЯЦИОННЫЙ АНАЛИЗ»

ORIGIN := 1

Подготовка исходных данных для расчета коэффициентов

множественной корреляции:

n - число параметров (не больше 6);

mm - число экспериментальных точек (не больше 16);

y - массив, размерностью (1xmm), в котором записаны значения показателя качества готового продукта;

x -массив, размерностью (n x mm), в котором записываются значения параметров технологических факторов.

n := 6 mm := 16 m := mm i := 1.. m j := 1.. n

y :=	(1.57)	x :=	(7.5 2.38 66.1 38.0 570.0 9.3)
	1.46		8.7 1.84 64.5 37.0 559.6 9.3
	1.35		8.7 2.00 59.0 36.5 683.5 9.3
	0.63		6.4 2.16 43.3 37.7 542.1 9.3
	0.98		8.7 2.23 76.5 36.0 546.7 9.4
	0.37		7.5 2.14 60.3 38.0 510.7 9.4
	1.69		8.2 1.76 72.5 38.3 568.8 9.4
	4.46		7.5 2.23 65.7 38.3 549.0 9.2
	4.35		7.5 2.21 62.0 41.3 565.7 9.2
	9.90		6.4 1.79 64.9 40.0 563.9 9.3
	4.64		6.4 2.02 69.5 40.5 511.5 9.3
	2.44		7.5 2.01 62.1 38.0 516.7 9.3
	1.95		6.4 1.77 69.3 37.5 559.7 9.3
	1.68		8.7 1.91 72.8 39.5 591.5 9.3
	2.84		6.4 1.62 59.2 39.5 520.0 9.3
	(1.87)		(6.4 1.85 67.9 38.3 635.0 9.1)

```

fd(x, y) := | for k ∈ 2.. (n + 1)
              |   | z1,k ← corr(x<k-1>, y) if k ≥ 2
              |   | z2,k ← corr(x<k-1>, x<1>) if k ≥ 3
              |   | z3,k ← corr(x<k-1>, x<2>) if k ≥ 4
              |   | z4,k ← corr(x<k-1>, x<3>) if k ≥ 5
              |   | z5,k ← corr(x<k-1>, x<4>) if k ≥ 6
              |   | z6,k ← corr(x<k-1>, x<5>) if k = 7
              |   | for l ∈ 1.. n + 1
              |   |   | for k ∈ 1.. n + 1
              |   |   |   | zk,1 ← zl,k
              |   |   |   | zl,k ← 1 if l = k
              |   |   |
              |   | z

```

$$fd(x,y) = \begin{pmatrix} 1 & -0.403 & -0.19 & 0.098 & 0.624 & -0.109 & -0.254 \\ -0.403 & 1 & 0.22 & 0.348 & -0.441 & 0.324 & 0.368 \\ -0.19 & 0.22 & 1 & -0.126 & -0.136 & -0.091 & -6.019 \cdot 10^{-3} \\ 0.098 & 0.348 & -0.126 & 1 & 6.07 \cdot 10^{-4} & 0.075 & 0.119 \\ 0.624 & -0.441 & -0.136 & 6.07 \cdot 10^{-4} & 1 & -0.258 & -0.331 \\ -0.109 & 0.324 & -0.091 & 0.075 & -0.258 & 1 & -0.374 \\ -0.254 & 0.368 & -6.019 \cdot 10^{-3} & 0.119 & -0.331 & -0.374 & 1 \end{pmatrix}$$

c := fd(x, y)

C - матрица парных коэффициентов корреляции

m := n + 1

```

rr(s) := | c11n ← submatrix[c, 2, m, 1, (s - 1)]
          | c12n ← submatrix[c, 2, m, (s + 1), m]
          | c1n ← augment(c11n, c12n)
          | c1n

```

$$\text{rlim} := \left| \begin{array}{l} \text{for } p \in 2..m-1 \\ r2m_p \leftarrow |\text{rr}(p)| \\ r2m_m \leftarrow 0 \\ r2m \end{array} \right.$$

$$\text{c1m} := \text{submatrix}[c, 2, m, 1, (m-1)] \quad \text{rlim}_m := |\text{c1m}|$$

$$\text{c11} := \text{submatrix}(c, 2, m, 2, m) \quad \text{rlim}_1 := |\text{c11}|$$

$$\text{rrm}(p) := \left| \begin{array}{l} \text{c221n} \leftarrow \text{submatrix}[c, 1, (p-1), 1, (p-1)] \\ \text{c222n} \leftarrow \text{submatrix}[c, 1, (p-1), (p+1), m] \\ \text{c223n} \leftarrow \text{submatrix}[c, (p+1), m, 1, (p-1)] \\ \text{c224n} \leftarrow \text{submatrix}[c, (p+1), m, (p+1), m] \\ \text{c225n} \leftarrow \text{augment}(\text{c221n}, \text{c222n}) \\ \text{c226n} \leftarrow \text{augment}(\text{c223n}, \text{c224n}) \\ \text{c227n} \leftarrow \text{stack}(\text{c225n}, \text{c226n}) \end{array} \right.$$

$$\text{rimm} := \left| \begin{array}{l} \text{for } p \in 2..m-1 \\ r2m_p \leftarrow |\text{rrm}(p)| \\ r2m_m \leftarrow 0 \\ r2m \end{array} \right.$$

$$\text{cmm1} := \text{submatrix}(c, 1, m-1, 1, m-1) \quad \text{rimm}_m := |\text{cmm1}|$$

$$\text{kr11} := \frac{\text{rlim}_2}{\sqrt{|\text{rlim}_1 \cdot \text{rimm}_2|}} \quad \text{kr11} = -0.247$$

$$\text{rk} := \left| \begin{array}{l} \text{for } t \in 2..m \\ \left| \begin{array}{l} \text{dk} \leftarrow \frac{\text{rlim}_t}{\sqrt{|\text{rlim}_1 \cdot \text{rimm}_t|}} \\ \text{kk}_{t-1} \leftarrow |\text{dk}| \end{array} \right. \\ \text{kk} \end{array} \right.$$

rk – массив, в котором находятся вычисленные коэффициенты корреляции

$$r_k = \begin{pmatrix} 0.247 \\ 0.023 \\ 0.208 \\ 0.519 \\ 0.124 \\ 0.056 \end{pmatrix}$$

Таким образом, полученные результат расчета говорят о том, что наибольшая корреляционная связь наблюдается между показателем качества готового продукта и четвертым технологическим фактором. На втором месте по значимости коэффициентов корреляции располагается зависимость третьего технологического фактора. Остальные коэффициенты корреляции слишком малы для того, чтобы отражать реально существующие линейные связи.

5. ПРИМЕР ПРОГРАММЫ «ДВУХФАКТОРНЫЙ ДИСПЕРСИОННЫЙ АНАЛИЗ С ОДНОКРАТНЫМИ НАБЛЮДЕНИЯМИ».

Примерную последовательность проведения дисперсионного анализа рассмотрим на примере анализа данных результатов испытания фрикционного материала, применяемого в тормозных системах автомобилей. Четыре различных типа фрикционного материала (фактор А) использовались в тормозных системах четырех различных автомобилей (фактор В). После пробега 10000 км, измерялся износ тормозных колодок автомобилей. Требуется оценить влияние на износ различных типов фрикционного материала и марок автомобилей.

Origin:=0

Двухфакторный дисперсионный анализ с однократными наблюдениями. (задача двухсторонней классификации, возникающая при проведении наблюдений в эксперименте, в котором одновременно действуют два фактора А и В, варьируемые соответственно на р и q уровнях.)

р, q - уровни факторов А и В

р := 4 q := 4 i := 0.. р - 1 j := 0.. q - 1

α - уровень значимости $\alpha := 0.01$

Исходные данные заносятся в массив y ,

$Y_{p,q}$ значения однократных наблюдений целевой функции при соответствующих значениях факторов A и B

$$y := \begin{pmatrix} 4 & 1 & -1 & 0 \\ 1 & 1 & -1 & -2 \\ 0 & 0 & -3 & -2 \\ 0 & -5 & -4 & -4 \end{pmatrix}$$

Среднее по строкам $y_{i0} := \text{mean}\left[\left(y^T\right)^{\langle i \rangle}\right]$

Результат усреднения по строкам

$$y_{i0} = \begin{pmatrix} 1 \\ -0.25 \\ -1.25 \\ -3.25 \end{pmatrix}$$

Среднее по столбцам $y_{j0} := \text{mean}\left(y^{\langle j \rangle}\right)$

Результат усреднения по столбцам

$$y_{j0} = \begin{pmatrix} 1.25 \\ -0.75 \\ -2.25 \\ -2 \end{pmatrix}$$

Общее среднее

$$y_{00} := \text{mean}(y) \quad y_{00} = -0.938$$

Результат общего среднего

Определяем сумму квадратов отклонений средних значений по столбцам, строкам и каждого значения от общего среднего

$$s_a := p \cdot \sum_{j=0}^{q-1} (y_{j0} - y_{00})^2 \quad s_a = 30.688$$

$$sa2 := \frac{sa}{q-1} \quad sb := q \cdot \sum_{i=0}^{p-1} (yi0_i - y00)^2$$

$$sb2 := \frac{sb}{p-1} \quad sr := \sum_{i=0}^{p-1} \sum_{j=0}^{q-1} (y_{i,j} - yi0_i - yj0_j + y00)^2$$

$$sr2 := \frac{sr}{(p-1) \cdot (q-1)}$$

$$FA := \frac{sa2}{sr2} \quad FB := \frac{sb2}{sr2}$$

$$FA = 7.962 \quad FB = 10.038$$

Определяем критическое значение F- распределения с степенями свободы $n1=(p-1)$ и $n2=(p-1)(q-1)$

$$Fkr := qF[(1 - a), p - 1, (p - 1) \cdot (q - 1)]$$

Критическое значение F- распределения

$$Fkr = 6.992$$

Проверка влияние факторов на целевую функцию

$$FA \geq Fkr = 1 \quad FB \geq Fkr = 1$$

Поскольку $FA > Fkr$ и $FB > Fkr$, то факторы А и В оказывают влияние на значение целевой функции.

Результаты проведенного дисперсионного анализа экспериментальных данных позволяют считать, что различные типы фрикционного материала и марки автомобилей оказывают влияние на износ тормозной системы, установленных на автомобиле. Поэтому не безразлично, какие материалы используются в тормозных системах автомобилей той или иной марки.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ Р 50779.42-99. Статистические методы. Контрольные карты Шухарта.
2. Статистические методы контроля качества продукции / Ноулер Л. и др./ Пер. с англ.- 2-е русск. Изд.-М.: Издательство стандартов, 1989.-96 с.

3. ГОСТ 23367-86. Винилискожа обивочная. Общие технические условия.
4. ТР 00300179-55-96 . Технологический процесс производства винилискожи –Т обивочной.
5. Стандартизация и управление качеством продукции: Учебник для вузов / В.А. Швандар, В.П. Панов, Е.М. Купряков и др.; Под ред. проф. В.А. Швандара. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 1999. – 487 с.
6. Гиссин В.И. Управление качеством продукции: Учебн. пособие.- Ростов Н/Д: Феникс, 2000.-256 с.
7. Басовский Л.Е. , Протасьев В.Б. Управление качеством: Учебник.-М.: ИНФРА- М, 2003.-212 с.
8. Факторович Ю.Д. Оборудование промышленности искусственных кож и плёночных материалов.- Справочник.- М.: Легпромбытиздат, 1986.-248 с., ил.
9. ГОСТ Р 50779.45-2002 . Статистические методы. Контрольные карты кумулятивных сумм. Основные положения.
10. ГОСТ Р 50779.41-96 . Статистические методы. Контрольные карты для арифметического среднего с предупреждающими границами.
11. ГОСТ 30751-2001. Требования к искусственным козам.

СОДЕРЖАНИЕ

<u>ВВЕДЕНИЕ</u>	3
<u>1. УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ ПРОДУКЦИИ И РОЛЬ</u>	
<u>СТАТИСТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ</u>	5
<u>1.1. Применение статистических методов для решения проблем</u>	7
<u>1.2. Контрольные карты Шухарта</u>	9
<u>1.3. Контрольная карта кумулятивных сумм (КУСУМ- карта)</u>	35
<u>1.4. Контрольные карты арифметического среднего с предупреждающими границами</u>	39
<u>1.5. Корреляционный и дисперсионный анализ</u>	52

<u>2. ПРИМЕР ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОНТРОЛЬНЫХ КАРТ В</u>	
<u>ПРОИЗВОДСТВЕ ВНИЛИСКОЖИ-Т ОБИВОЧНОЙ</u>	59
<u>2.1. Блок-схема производства винилискожи-Т обивочной</u>	59
<u>2.2. Пооперационное описание схемы технологического процесса</u>	60
<u>2.3. РАЗРАБОТКА И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СТАТИСТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ</u>	
<u>КОНТРОЛЯ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ВНИЛИСКОЖИ-Т ОБИВИЧНОЙ</u> ..	78
<u>2.3.1. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ</u>	78
<u>2.3.3. Построение и интерпретация контрольных карт для сырья</u>	99
<u>2.3.3. Построение и интерпретация контрольных карт для параметров</u>	
<u>технологического процесса</u>	140
<u>3. ПРИМЕР ВЫЧИСЛЕНИЯ КОРРЕЛЯЦИОННОГО КОЭФФИЦИЕНТА</u> ..	151
<u>4. ПРИМЕР ПРОГРАММЫ «КОРРЕЛЯЦИОННЫЙ АНАЛИЗ»</u>	153
<u>5. ПРИМЕР ПРОГРАММЫ «ДВУХФАКТОРНЫЙ ДИСПЕРСИОННЫЙ</u>	
<u>АНАЛИЗ С ОДНОКРАТНЫМИ НАБЛЮДЕНИЯМИ»</u>	156
<u>СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ</u>	158
<u>СОДЕРЖАНИЕ</u>	159

Царев Юрий Валерьевич

Тростин Александр Николаевич

СТАТИСТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ. КОНТРОЛЬНЫЕ КАРТЫ

Учебно-методическое пособие

Редактор

Подписано в печать2006 Формат 60x84 1/16. Бумага писчая. Печать
плоская. Усл. печ. л. Уч. -изд. л. Тираж 150 экз. Заказ

Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
Ивановский государственный химико-технологический университет
Отпечатано на полиграфическом оборудовании кафедры экономики и
финансов ГОУ ВПО «ИГХТУ»
153460, г. Иваново, пр. Ф. Энгельса, 7