

Технология, оборудование, САПР и экология литейного производства

The method for estimation of contributions of different stages of technological cycle in forming of hardware products quality based on indices P_p and P_{pk} for different production zones is offered.

А. Н. ЧИЧКО, БНТУ, Л. А. ФЕКЛИСТОВА, РУП «БМЗ», В. Ф. СОБОЛЕВ, БНТУ

УДК 621.74:519.2

О НОВОМ ПОДХОДЕ К ОЦЕНКЕ ВКЛАДОВ РАЗЛИЧНЫХ ЭТАПОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ЦИКЛА В СИСТЕМУ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА МЕТИЗНОЙ ПРОДУКЦИИ

Одной из важнейших характеристик оценки качества продукции являются индексы воспроизводимости P_p и P_{pk} , широко используемые в системе контроля качества металлургической продукции [1]. По этим показателям определяют уровень качества продукции. Они могут быть вычислены для отдельно взятого технологического процесса (цикла) или группы таких процессов (циклов). Можно найти этот показатель по конечным характеристикам продукции, которая проходит технологическую цепочку. Представляет научный интерес оценка этого показателя для каждого из технологических циклов, так как она позволяет оценить вклад каждого технологического цикла в формирование общего показателя качества. Каждый из показателей имеет свою амплитуду изменений во времени и сравнение амплитудных характеристик этой динамической кривой представляет научный интерес.

Комплексный показатель качества – показатель качества продукции, относящийся к нескольким его свойствам. Комплексный показатель качества позволяет в целом охарактеризовать качество объекта или группу его свойств. Комплексный метод оценки уровня качества предусматривает использование комплексного (обобщенного) показателя качества. Уровень качества продукции – мера соответствия качества оцениваемой продукции к качеству продукции, принятой за базовую (эталонную).

В общей квалиметрии: уровень качества – относительная мера, результат оценивания, система значений мер качества объекта, определенная на основе соотношения с базовыми (эталонными) значениями мер. Оценка уровня качества продукции – совокупность операций, связанных с определени-

ем численного значения уровня качества продукции [2].

С помощью полученной совокупности единичных и комплексных показателей можно оценить уровень качества продукции дифференциальным методом. Оценку уровня качества произведем с помощью смешанного метода, используя единичные и комплексные показатели качества. При этом методе единичные показатели качества объединяются в группы (например, индексы P_p и P_{pk} по характеристикам диаметр и временное сопротивление разрыву участка подготовки катанки и грубосреднего волочения; участка латунирования; участка тонкого волочения и т. д.) и для каждой группы определяются комплексные показатели.

Метод оценки уровня качества состоит в сравнении единичных показателей качества оцениваемой продукции с соответствующими единичными показателями качества базового (эталонного) образца. При этом для каждого из показателей можно рассчитать относительные показатели качества по формуле [3]:

$$Q_i = \frac{P_{pi}}{P_{piб}}$$

где P_{pi} – значение i -го показателя качества оцениваемой продукции; $P_{piб}$ – значение i -го показателя качества базового образца.

За базовые показатели качества образцов-эталонов приняты показатели качества, существующие в мировой и национальной промышленности.

В соответствии с рис. 1 рассмотрим все компоненты технологического цикла. На рисунке приведены все компоненты технологического процесса (цикла) и рассматриваемые характеристики. Вы-

ходной характеристикой компонента 1 является только временное сопротивление разрыву проволоки, измерения диаметра здесь не производится, так как прием осуществляется по данным сертификата о качестве. С учетом вклада каждого компонента технологической цепочки определим комплексный индекс качества P_p^k и P_{pk}^k :

$$P_p^k = \sum_{i=1}^n P_{pi} K_i \text{ и } P_{pk}^k = \sum_{i=1}^n P_{pki} K_i,$$

где n – количество компонентов технологического процесса (цикла); P_{pi} и P_{pki} – значение индекса качества обобщенного i -го компонента технологического процесса (цикла); K_i – весовой коэффициент обобщенного i -го параметра компонента технологического процесса (цикла);

$$P_{pj} = \sum_{j=1}^n P_{pj} K_j \text{ и } P_{pkj} = \sum_{j=1}^n P_{pkj} K_j,$$

где P_{pj} и P_{pkj} – значение индекса качества единичного j -го компонента технологического процесса (цикла); K_j – весовой коэффициент единичного j -го параметра компонента технологического процесса (цикла).

Весовой коэффициент i -го и j -го параметров компонента технологического процесса (цикла) вычислим по следующим формулам:

$$K_i = \frac{P_{pi}^i}{\sum_{i=1}^n P_{pi}} \text{ и } K_j = \frac{P_{pj}^j}{\sum_{j=1}^n P_{pj}}$$

где P_{pi}^i и P_{pj}^j – общий индекс качества для характеристик каждого компонента технологического процесса; P_{pi} – единичный индекс качества для характеристик каждого компонента технологического процесса. При разделении данных на группы для проведения анализа технологического процесса (цикла) можно использовать метод расслаивания (стратификации) данных. При этом учитываются различия внутри каждого компонента и между компонентами процесса [4,5].

Алгоритм комплексной оценки уровня качества технологического процесса (цикла) (рис. 2)

Рассмотрим комплексную характеристику P_p^k и P_{pk}^k для метизной продукции. Основной технологический цикл изготовления метизной продукции состоит из следующих этапов: подготовка катанки к волочению; латунирование заготовки под металлокорд; волочение тонкой проволоки и изготовление металлокорда (см. рис. 1).

ШАГ 1. Определение комплексного индекса качества продукции для P_p^k :

$$P_p^k = P_p^1 + P_p^2 + P_p^3 + P_p^4,$$

где P_p^1 – общий индекс качества участка подготовки катанки и грубосреднего волочения; P_p^2 – общий индекс качества участка латунирования; P_p^3 – общий индекс качества участка тонкого волочения; P_p^4 – общий индекс качества участка изготовления металлокорда.

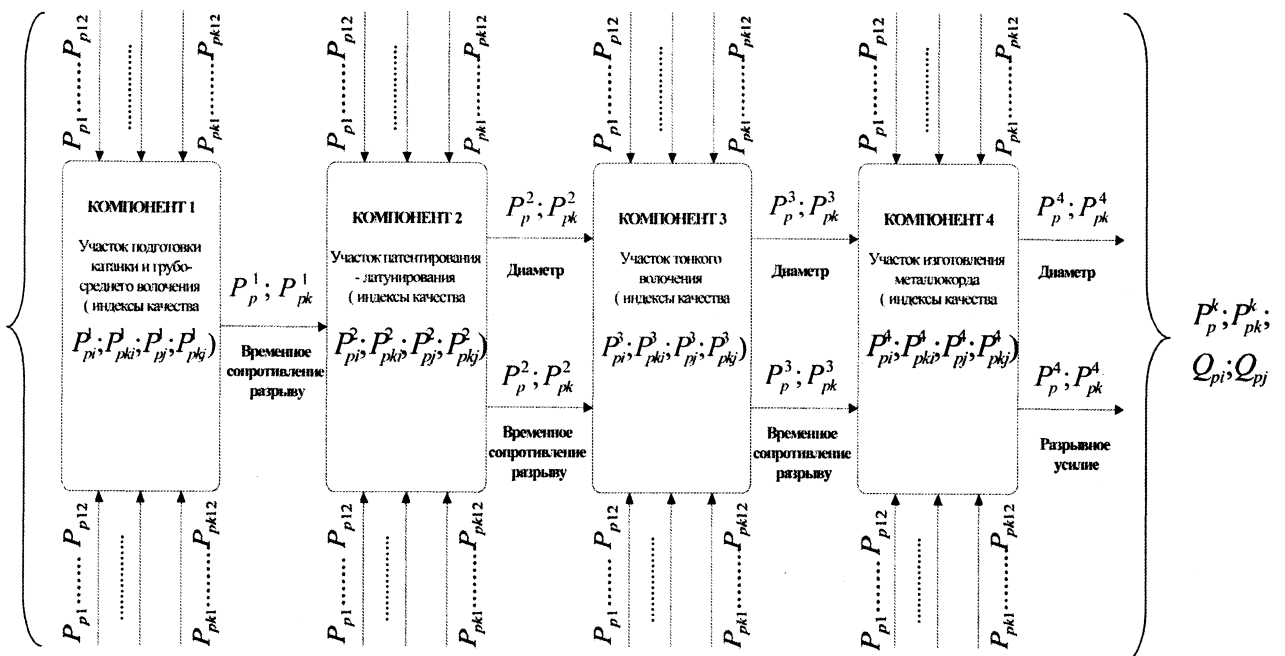


Рис. 1. Технологическая цепочка процесса (цикла) изготовления метизной продукции в условиях РУП «БМЗ»

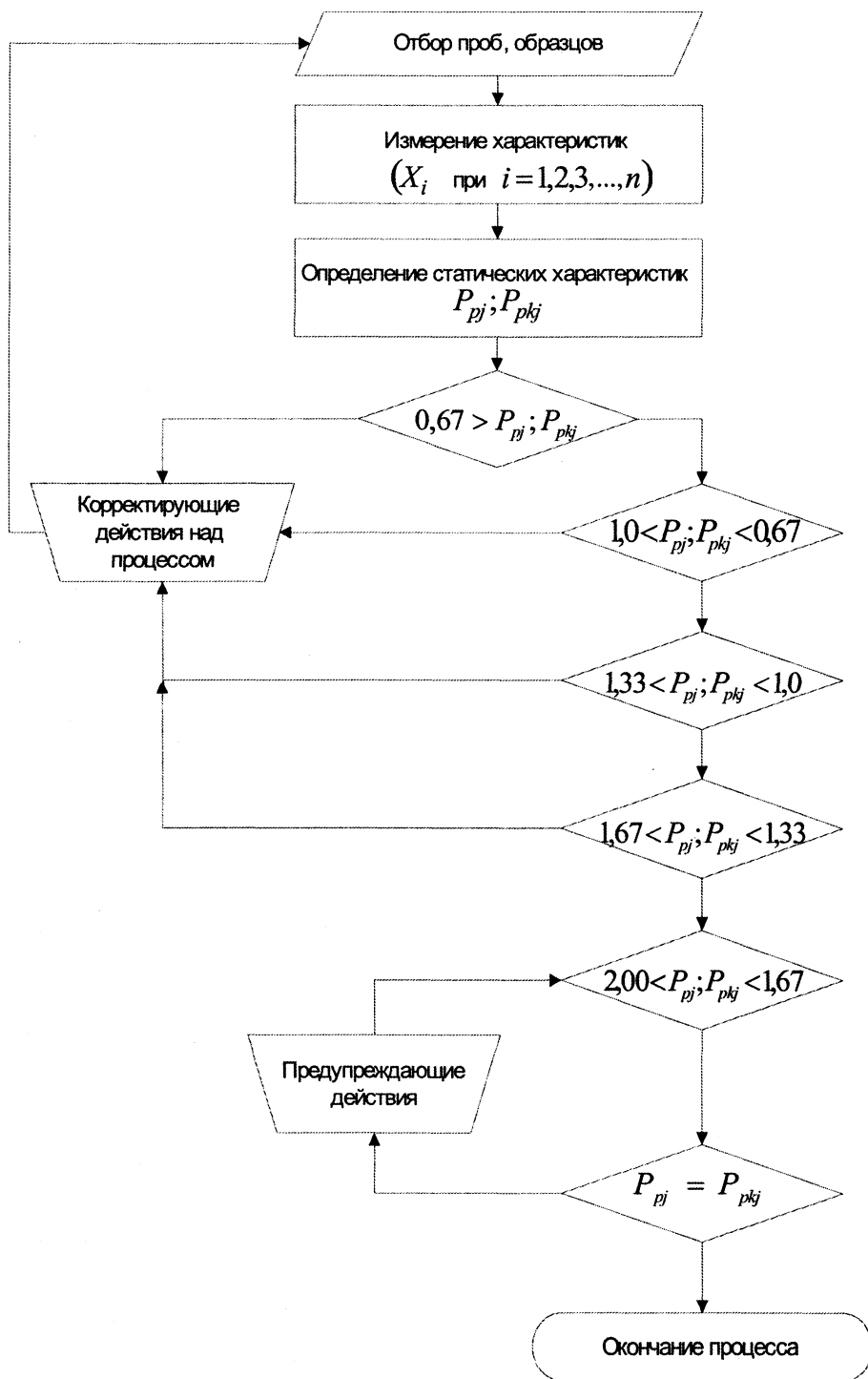


Рис. 2. Алгоритмическая схема оценки уровня качества продукции

ШАГ 2. Определение общего индекса качества для каждого компонента технологического процесса:

а) участка подготовки катанки и грубосреднего волочения:

$$P_p^1 = K_{p1} P_{pi}^1;$$

б) участка латунирования:

$$P_p^2 = K_{p2} P_{pi}^2;$$

в) участка тонкого волочения:

$$P_p^3 = K_{p3} P_{pi}^3;$$

г) участка изготовления металлокорда:

$$P_p^4 = K_{p4} P_{pi}^4.$$

ШАГ 3. Определение комплексного индекса качества продукции P_p^k с учетом весового коэффициента:

$$P_p^k = K_{p1}P_{pi}^1 + K_{p2}P_{pi}^2 + K_{p3}P_{pi}^3 + K_{p4}P_{pi}^4.$$

ШАГ 4. Определение коэффициента весомости общего i -го индекса качества для каждого компонента технологического процесса:

$$K_{p1} = \frac{P_{pi}^1}{\sum_{i=1}^4 P_{pi}}, \quad K_{p2} = \frac{P_{pi}^2}{\sum_{i=1}^4 P_{pi}},$$

$$K_{p3} = \frac{P_{pi}^3}{\sum_{i=1}^4 P_{pi}}, \quad K_{p4} = \frac{P_{pi}^4}{\sum_{i=1}^4 P_{pi}},$$

где P_{pi}^1 – общий индекс качества для характеристики временное сопротивление разрыву участка подготовки катанки и грубосреднего волочения; P_{pi}^2 – общий индекс качества для характеристик диаметр и временное сопротивление разрыву участка латунирования; P_{pi}^3 – общий индекс качества для характеристик диаметр и временное сопротивление разрыву участка тонкого волочения; P_{pi}^4 – общий индекс качества для характеристик диаметр и разрывное усилие участка изготовления металлокорда; P_{pi} – единичный индекс качества для характеристик диаметр и временное сопротивление разрыву (разрывное усилие) каждого компонента; 12 – анализируемый период времени, мес.; K_{p1} – весовой коэффициент общего индекса качества участка подготовки катанки и грубосреднего волочения; K_{p2} – весовой коэффициент общего индекса качества участка латунирования; K_{p3} – весовой коэффициент общего индекса качества участка тонкого волочения; K_{p4} – весовой коэффициент общего индекса качества участка изготовления металлокорда.

ШАГ 5. Определение общего индекса качества для каждой характеристики компонента технологического процесса:

$$P_{pi}^1 = K_{k1}P_{p1} + K_{k2}P_{p2} + \dots + K_{k12}P_{p12}.$$

ШАГ 6. Определение весового коэффициента единичного i -го индекса качества для каждой характеристики компонента технологического процесса:

$$K_{k1} = \frac{P_{pi}^{k1}}{\sum_{i=1}^{12} P_{pi}}, \quad K_{k2} = \frac{P_{pi}^{k2}}{\sum_{i=1}^{12} P_{pi}},$$

$$K_{k3} = \frac{P_{pi}^{k3}}{\sum_{i=1}^{12} P_{pi}}, \quad K_{k4} = \frac{P_{pi}^{k4}}{\sum_{i=1}^{12} P_{pi}},$$

где K_{k1} – весовой коэффициент единичного индекса качества для характеристики временное сопротивление разрыву участка подготовки катанки и грубосреднего волочения; K_{k2} – весовой коэффициент единичного индекса качества для характеристик диаметр и временное сопротивление разрыву участка латунирования; K_{k3} – весовой коэффициент единичного индекса качества для характеристик диаметр и временное сопротивление разрыву участка тонкого волочения; K_{k4} – весовой коэффициент единичного индекса качества для характеристик диаметр и разрывное усилие участка изготовления металлокорда; P_{pi}^{k1} – единичный индекс качества для характеристик диаметр и временное сопротивление разрыву участка подготовки катанки и грубосреднего волочения; P_{pi}^{k2} – единичный индекс качества для характеристик диаметр и временное сопротивление разрыву участка латунирования; P_{pi}^{k3} – единичный индекс качества для характеристик диаметр и временное сопротивление разрыву участка тонкого волочения; P_{pi}^{k4} – единичный индекс качества для характеристик диаметр и разрывное усилие участка изготовления металлокорда.

ШАГ 7. Определение относительного индекса качества комплексного индекса качества P_p^k :

$$Q_{pi} = \frac{P_p^k}{P_{pi}^b},$$

где P_{pi}^b – значение показателя качества базового образца принимается 1,67.

ШАГ 8. Определение комплексной характеристики качества продукции для P_{pk}^k , учитывающей центровку (настроенность) процесса:

$$P_{pk}^k = P_{pk}^1 + P_{pk}^2 + P_{pk}^3 + P_{pk}^4,$$

где P_{pk}^1 – общий индекс качества участка подготовки катанки и грубосреднего волочения; P_{pk}^2 – общий индекс качества участка латунирования; P_{pk}^3 – общий индекс качества участка тонкого волочения; P_{pk}^4 – общий индекс качества участка изготовления металлокорда.

ШАГ 9. Определение общего индекса качества для каждого компонента технологического процесса:

а) участка подготовки катанки и грубосреднего волочения:

$$P_{pk}^1 = K_{pk1}P_{pkj}^1;$$

б) участка латунирования:

$$P_{pk}^2 = K_{pk2}P_{pkj}^2;$$

в) участка тонкого волочения:

$$P_{pk}^3 = K_{pk3} P_{pkj}^3;$$

г) участка изготовления металлокорда:

$$P_{pk}^4 = K_{pk4} P_{pkj}^4.$$

ШАГ 10. Определение комплексной характеристики качества продукции P_p^k с учетом весового коэффициента:

$$P_p^k = K_{pk1} P_{pkj}^1 + K_{pk2} P_{pkj}^2 + K_{pk3} P_{pkj}^3 + K_{pk4} P_{pkj}^4.$$

ШАГ 11. Определение весового коэффициента общего j -го индекса качества для каждого компонента технологического процесса:

$$K_{pk1} = \frac{P_{pkj}^1}{\sum_{j=1}^4 P_{pkj}}, \quad K_{pk2} = \frac{P_{pkj}^2}{\sum_{j=1}^4 P_{pkj}},$$

$$K_{pk3} = \frac{P_{pkj}^3}{\sum_{j=1}^4 P_{pkj}}, \quad K_{pk4} = \frac{P_{pkj}^4}{\sum_{j=1}^4 P_{pkj}},$$

где P_{pkj}^1 – общий индекс качества для характеристики временное сопротивление разрыву участка подготовки катанки и грубосреднего волочения; P_{pkj}^2 – общий индекс качества для характеристик диаметр и временное сопротивление разрыву участка латунирования; P_{pkj}^3 – общий индекс качества для характеристик диаметр и временное сопротивление разрыву участка тонкого волочения; P_{pkj}^4 – общий индекс качества для характеристик диаметр и временное сопротивление разрыву участка изготовления металлокорда; P_{pkj} – единичный индекс качества для характеристик диаметр и разрывное усилие каждого компонента; 12 – анализируемый период времени, мес.; K_{pk1} – весовой коэффициент характеристик участка подготовки катанки и грубосреднего волочения; K_{pk2} – весовой коэффициент характеристик участка латунирования; K_{pk3} – весовой коэффициент характеристик участка тонкого волочения; K_{pk4} – весовой коэффициент характеристик участка изготовления металлокорда.

ШАГ 12. Определение общего индекса качества для каждой характеристики компонента технологического процесса:

$$P_{pj}^1 = K_{pk1} P_{pk1} + K_{pk2} P_{pk2} + \dots + K_{pk12} P_{pk12}.$$

ШАГ 13. Определение общего весового коэффициента для каждой характеристики компонента технологического процесса:

$$K_{pk1} = \frac{P_{pj}^{k1}}{\sum_{j=1}^{12} P_{pj}}, \quad K_{pk2} = \frac{P_{pj}^{k2}}{\sum_{j=1}^{12} P_{pkj}},$$

$$K_{pk3} = \frac{P_{pj}^{k3}}{\sum_{j=1}^{12} P_{pkj}}, \quad K_{pk4} = \frac{P_{pj}^{k4}}{\sum_{j=1}^{12} P_{pkj}},$$

где P_{pkj}^1 – единичный индекс качества для характеристики временное сопротивление разрыву участка подготовки катанки и грубосреднего волочения; P_{pkj}^2 – единичный индекс качества для характеристик диаметр и временное сопротивление разрыву участка латунирования; P_{pkj}^3 – единичный индекс качества для характеристик диаметр и временное сопротивление разрыву участка тонкого волочения; P_{pkj}^4 – единичный индекс качества для характеристик диаметр и разрывное усилие участка изготовления металлокорда.

ШАГ 14. Определение относительного индекса качества комплексного индекса качества P_{pk}^k :

$$Q_{pj} = \frac{P_{pk}^k}{P_{pj\delta}},$$

где $P_{pj\delta}$ – значение показателя качества базового образца принимается 1,67.

На рис. 3, 4 представлена динамика изменения во времени индексов качества P_p и P_{pk} по характеристикам диаметр и временное сопротивление для различных технологических циклов изготовления метизной продукции. При этом для единичных характеристик технологического процесса следует учитывать условия. Если $0,67 > P_p; P_{pk}; P_{pi}; P_{pki}$, то уровень процесса очень плохой. В этом случае ширина интервала между контрольными нормативами не превышает 4δ. Вероятность появления брака составляет более 4,56%. Процесс не контролируем, он должен быть остановлен до принятия экстренных мер по его стабилизации, обучению и переаттестации персонала. Если $1,0 \leq P_p; P_{pk}; P_{pi}; P_{pki} \leq 0,67$, то это неудовлетворительный уровень процесса. В этом случае ширина интервала между контрольными нормативами всего лишь в 4–6 раз превышает стандартное отклонение δ. Процесс протекает неудовлетворительно. Необходимо организовать усиленный контроль процесса и провести 100%-ную проверку выпускаемой продукции с целью исключения брака. Немедленно провести исследования факторов, влияющих на разброс показателей, и принять меры по стабилизации процесса, а также повторному обучению персонала. Если $1,33 \leq P_p; P_{pk}; P_{pi}; P_{pki} \leq 1,0$, то это удовлетво-

рительный уровень процесса. В этом случае ширина интервала между контрольными нормативами в 6–8 раз превышает стандартное отклонение δ . При приближении P_p к 1 вероятность появления брака составляет 0,27%. Необходимо усилить про-

цедуры контроля процесса, провести анализ факторов, влияющих на разброс показателей, и провести мероприятия по улучшению состояния процесса. Если $1,67 \leq P_p; P_{pk}; P_{pi}; P_{pki} \leq 1,33$, то это хороший уровень процесса. В этом случае ширина

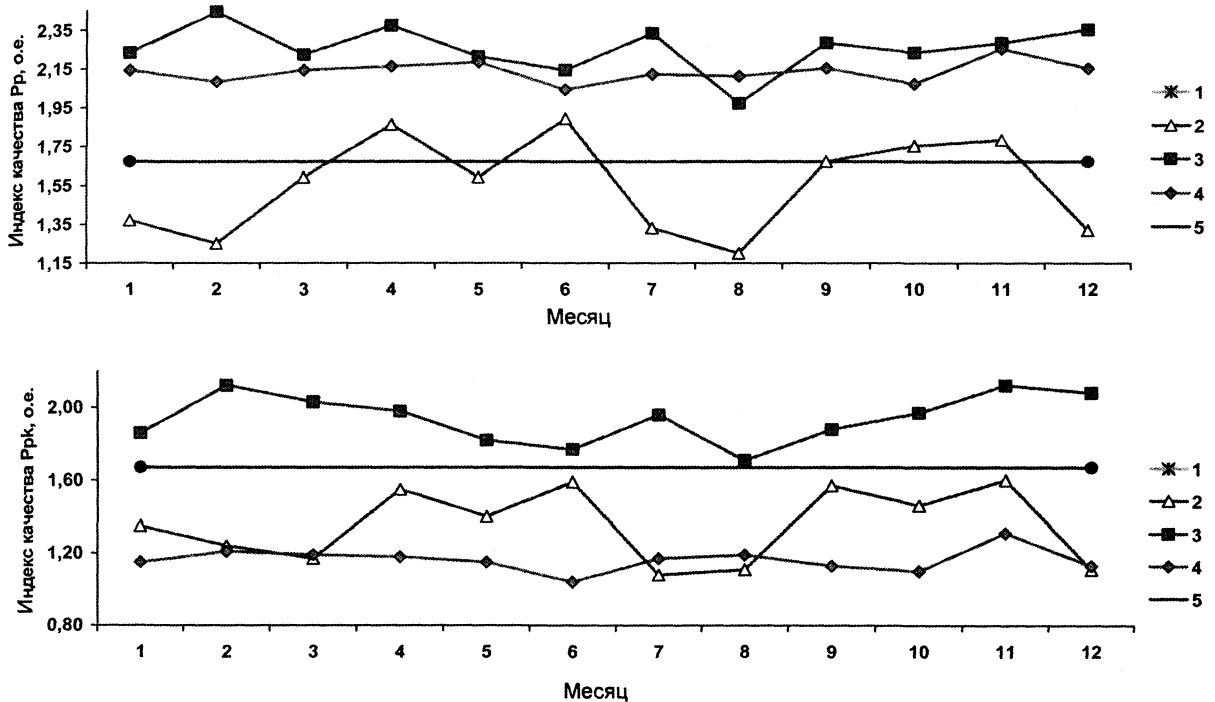


Рис. 3. Динамика изменения во времени индексов качества P_p и P_{pk} по характеристике диаметр для различных технологических циклов изготовления метизной продукции: 1 – участок подготовки катанки и грубосреднего волочения; 2 – участок латунирования; 3 – участок тонкого волочения; 4 – участок изготовления металлокорда; 5 – целевое значение

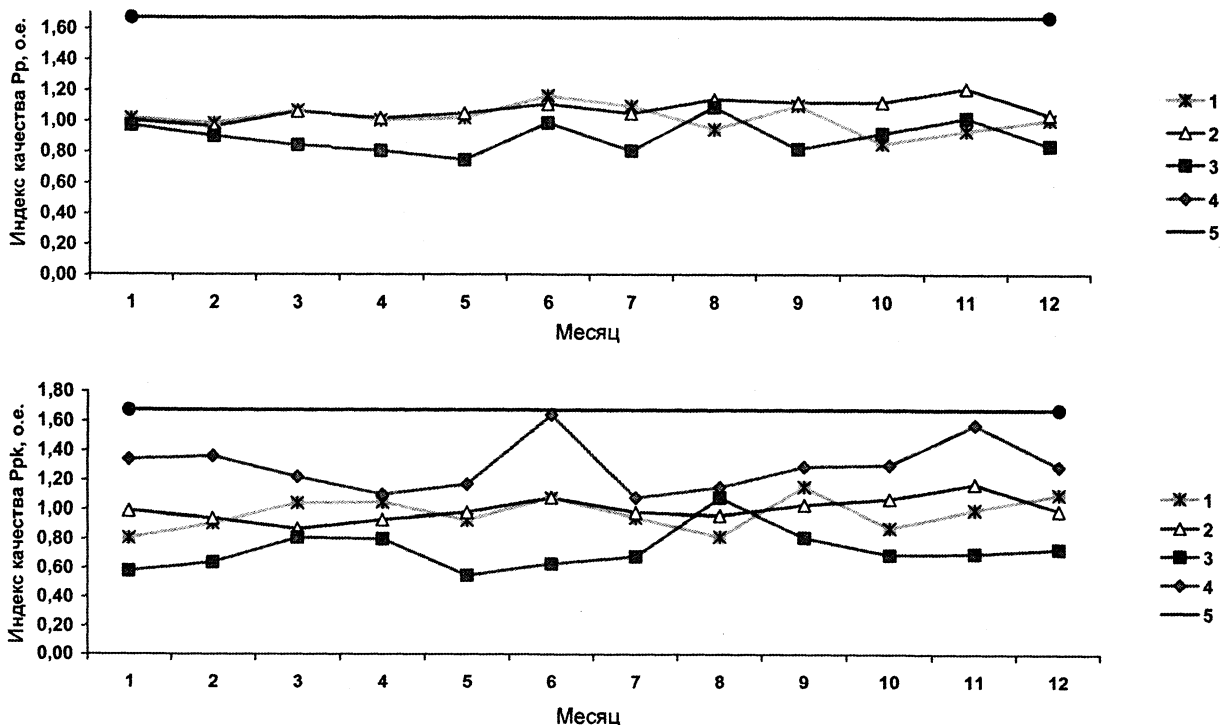


Рис. 4. Динамика изменения во времени индексов качества P_p и P_{pk} по характеристике временное сопротивление разрыву для различных технологических циклов изготовления метизной продукции: 1 – участок подготовки катанки и грубосреднего волочения; 2 – участок латунирования; 3 – участок тонкого волочения; 4 – участок изготовления металлокорда; 5 – целевое значение

интервала между контрольными нормативами в 8–10 раз превышает стандартное отклонение δ . Такой процесс считается хорошим (надежным). Если $P_p; P_{pk}; P_{pi}; P_{pki} \geq 1,67$, то это очень хороший (высокий) уровень процесса. В этом случае ширина интервала между контрольными нормативами не менее чем в 10 раз превышает стандартное отклонение δ . Разброс параметров незначителен, отсутствует вероятность появления брака. При значениях индексов более 3 возможен пересмотр планов управления в сторону уменьшения или упрощения процедуры контроля.

Например, если значение индекса качества P_p участка тонкого волочения и участка изготовления металлокорда выше базового значения, то уровень процесса высокий. Значение индекса P_p по характеристике диаметр участка тонкого волочения находится в интервале от 1,97 до 2,44, а для P_{pk} – от 1,71 до 2,12, что говорит о стабильности процесса. При сравнении минимальных и максимальных значений индексов P_p и P_{pk} установлены условия: $1,71 < 1,97$ (различие на 87%) и $2,12 < 2,44$ (различие на 87%), что и подтверждает наличие возможности пересмотра границ регулирования по характеристике диаметр.

Значение индекса P_p по характеристике диаметр участка изготовления металлокорда находится

в интервале от 2,04 до 2,25, а для P_{pk} – от 1,04 до 1,31. При сравнении минимальных и максимальных значений индексов P_p и P_{pk} установлены условия: $1,04 < 2,04$ (различие на 51%) и $1,31 < 2,25$ (различие на 58%), что говорит об относительно хорошей настройке процесса на центр поля допуска и возможны появления несоответствий.

Значение индекса P_p по характеристике диаметр участка латунирования находится в интервале от 1,2 до 1,89, а для P_{pk} – от 1,08 до 1,59. При сравнении минимальных и максимальных значений индексов P_p и P_{pk} установлены условия: $1,08 < 1,2$ (различие на 90%) и $1,59 < 1,89$ (различие на 84%). Поскольку присутствуют значения $< 1,33$, то необходимы мероприятия по повышению индекса качества [8].

Развиваемая в настоящей статье методика оценки качества конечной продукции по показателям качества полуфабрикатов различных этапов технологического цикла позволяет выделить наиболее «болевые» участки технологии и определить их весовой вклад в формировании свойств и качества готовой продукции. Это дает дополнительные возможности управления процессом с целью повышения уровня качества промышленной продукции.

Литература

1. Чичко А. Н., Феклистова Л. А., Сачек О. А. Алгоритмы статистических методов, используемых для повышения качества металлургической продукции на РУП «БМЗ»// Литье металлургии. 2008. № 4. С. 104–112.
2. WEB: <http://www.klubok.net/query.php> Оценка качества. Структура квалитологии.
3. WEB: http://de.ifmo.ru/bk_netra/page.php? tutindex= 18&index= 12. Методы оценки уровня качества продукции.
4. Макино Т., Охаси М., Докэ Х., Макино К. Контроль качества с помощью персональных компьютеров: Пер. с японск. М.: Машиностроение, 1991.
5. Коробов В. Б. Анализ данных. Архангельск. Социология: 4М. 2005. № 20.
6. Кумэ Х. Статистические методы повышения качества: Пер. с англ. М.: Финансы и статистика, 1990.
7. Адлер Ю. П., Маркова Е. В., Грановский Ю. В. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий. Изд. 2-е. М.: Наука, 1976.
8. Розно М. И. и др. Практическое руководство. Применение прикладных статистических методов при производстве продукции (для специалистов по управлению качеством и специалистов технических служб). Н. Новгород: ООО СМЦ «Приоритет», 2004.