

**Литейное  
материаловедение,  
специальные способы  
литья**

*Analysis of the castings quality is carried out and development of recommendations on its increase, which is based on using of diagrams Pareto, is given.*

А. А. КВИТАНОВ, РУП «ГЗЛиН», В. М. КАРПЕНКО, Е. В. ФИЛИПЕНКО, ГГТУ им. П. О. Сухого

УДК 621.74:669.131.7

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДИАГРАММЫ ПАРЕТО  
ДЛЯ МОНИТОРИНГА КАЧЕСТВА ОТЛИВОК  
(НА ПРИМЕРЕ ЦЕХА ВЫСОКОПРОЧНОГО ЧУГУНА  
РУП «ГЗЛиН»)**

Обостряющаяся конкуренция товаропроизводителей, зарождение и все более широкое распространение потребительского движения в развитых странах привели к повышению роли качества продукции и услуг для определения рейтинга стран в мировой иерархии.

Развитые страны мира воспринимают высокое качество продукции как стратегический коммерческий императив и значимый источник национального богатства. Качество во многом определяет престиж государства, служит основой для удовлетворения потребностей каждого человека и общества в целом, является важнейшей составляющей конкурентоспособности продукции. С учетом этого представляется вполне объективным, что обеспечение и повышение качества продукции в условиях рыночных отношений должны быть приоритетными направлениями деятельности [1].

Повышение качества продукции имеет большое значение для предприятия производителя, потребителя и национальной экономики. Выпуск качественных изделий способствует увеличению объема реализации капитала, росту престижа фирмы, улучшению качества продукции, снижению затрат на производство, росту производительности, снижению себестоимости продукции, повышению конкурентоспособности, увеличению экспортных поставок, созданию рабочих мест, повышению уровня жизни населения, развитию науки и техники, укреплению авторитета государства и авторитета производителя. Ухудшение качества продукции приводит к появлению обратных тенден-

объема продаж, прибыли и рентабельности, снижению экспорта, национального богатства и благосостояния народа. Отсюда вытекает необходимость постоянной, кропотливой работы товаропроизводителей по повышению качества продукции в сравнении с аналогами конкурентов [2].

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, республиканских 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.

Под качеством продукции понимается совокупность ее основных полезных свойств, обеспечивающих удовлетворение определенных потребностей пользователя при применении этой продукции по целевому назначению [3].

Предметом исследования являются теория и практика управления повышением качества продукции предприятия. Объектом исследования выбран цех высокопрочного чугуна РУП «ГЗЛиН».

Основными технико-экономическими показателями работы литейного цеха являются выпуск отливок и уровень брака. Эти показатели влияют на экономическую эффективность производства. Цель данной работы – анализ качества отливок и разработка рекомендаций по его повышению в ЦВПЧ РУП «ГЗЛиН».

Для улучшения качества и повышения размерной точности отливок большое значение имеет организация работы по профилактике брака

и техническому контролю качества отливок, которая в значительной степени зависит от состояния процессов сбора, учета и анализа первичной информации. Основные задачи работников отдела технического контроля – предупреждение возникновения брака и обеспечение приемки качественных отливок согласно ГОСТ или техническим условиям.

В практике контроля качества применяют диаграммы, графики, гистограммы и др. Воспользуемся диаграммой Парето, чтобы определить, на что направить усилия по улучшению качества продукции.

Закон Парето, или Принцип Парето, или принцип 20/80 – эмпирическое правило, введенное социологом Вильфредо Парето, в наиболее общем виде формулируется как «20% усилий дают 80% результата, а остальные 80% усилий – лишь 20% результата». Может использоваться как базовый принцип для оптимизации какой-либо деятельности: правильно выбрав минимум самых важных действий, можно быстро получить значительную часть от планируемого полного результата, причем дальнейшие улучшения не всегда оправданы [4].

Выявление причин, связанных с выпуском отливок низкого качества, а также оценка эффективности проведенных организационно-технических мероприятий по повышению качества отливок могут быть осуществлены с помощью диаграммы Парето. При использовании диаграммы Парето для выбора наиболее значимых факторов используется ABC-анализ.

Достоинства диаграммы Парето: простота и наглядность делают возможным использование ее специалистами, не имеющими особой подготовки; сравнение диаграмм Парето, описывающих ситуацию до и после проведения организационно-технических мероприятий, позволяет получить количественную оценку выигрыша от этих мероприятий.

Необходимо различать два вида диаграмм Парето: диаграммы Парето по результатам деятельности, предназначенные для выявления главной проблемы; диаграммы Парето по причинам.

Построим диаграмму Парето, используя данные о бракованных отливках в ЦВПЧ за 2008 г. Исходные данные для построения диаграммы приведены в табл. 1. В первой графе указываем типы дефектов: песчаные раковины, газовые раковины, засор, усадочные раковины, смещение, шлаковые раковины, обрыв, во второй графе – число случаев обнаружения данных типов дефектов в рассматриваемый период, в третьей графе –

накопленную сумму, которая рассчитывается путем прибавления к накопленной сумме предыдущей строки таблицы числа дефектов из соседней графы, в четвертой графе – процентное соотношение числа дефектов в общей сумме и в пятой графе подсчитываем кумулятивную сумму начиная с видов брака, которым соответствуют максимальные суммы потерь; их общую сумму принимаем за 100%. Располагаем виды брака в порядке убывания суммы потерь так, чтобы в конце стояли виды, которым соответствуют наименьшие суммы потерь, и виды, входящие в раздел «прочее». Группу «прочее» необходимо располагать в последней строке вне зависимости от того, насколько большим получилось число. Затем проводим ABC-анализ.

Т а б л и ц а 1. Исходные данные для построения диаграммы Парето по видам дефектов

Тип дефектов	Число дефектов	Накопленная сумма дефектов	Процентное число дефектов в общей сумме	Накопленный дефект	Группа
Песчаные раковины	П63	1163	37,4	37,4	А
Газовые раковины	775	1938	25,0	62,4	
Засор	535	2473	17,2	79,6	
Усадочные раковины	366	2839	11,8	91,4	В
Смещение	145	2984	4,7	96,1	С
Шлаковые раковины	47	3031	1,5	97,6	
Обрыв	42	3073	1,4	98,9	
Прочее	33	3106	1,1	100,0	
Итого	3106		100		

Суть его заключается в распределении видов брака по группам А, В и С в порядке убывания суммы потерь. На брак группы А приходится, как правило, 70–80% всех затрат, группы В – 10–25%, группа С характеризуется 5–10% затрат.

При проведении анализа прежде всего необходимо исследовать группу А и разработать план организационно-технических мероприятий по устранению дефектов и повышению качества продукции.

В результате классификации по группам дефектов оказалось, что 80% дефектов приходится на группу А, а на долю остальных дефектов – 20% дефектных деталей. Следовательно, начинать работу по обеспечению качества необходимо с устранения именно этих несоответствий (песчаные раковины, газовые раковины, засор).

Диаграммы Парето строятся следующим образом: на оси абсцисс откладывают данные графы 1 (табл. 1) («прочие факторы» всегда распола-

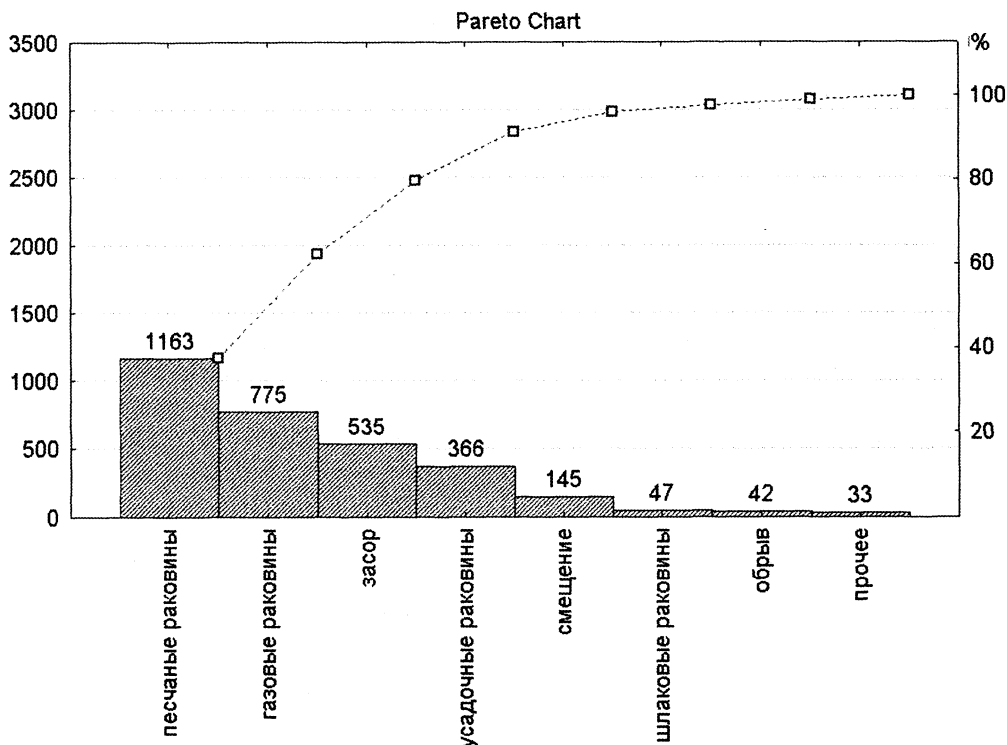


Рис. 1. Диаграмма Парето по группам дефектов

гают на оси абсцисс последними), а на оси ординат – данные графы 2. Строят столбчатый график, где каждому типу дефекта соответствует прямоугольник (столбик), вертикальная сторона которого соответствует значению числа дефектов этого вида брака. На правой стороне графика по оси ординат откладывают значения кумулятивного процента и вычерчивают кривую кумулятивной суммы (кумулятивного процента). Данная кривая носит название кривой Лоренца, а полученный график называется диаграммой Парето (рис. 1).

После выявления проблемы путем составления диаграммы Парето по результатам важно определить причины возникновения проблемы для ее решения. Поэтому если необходимо достичь значительных улучшений, важно составить диаграмму Парето по причинам.

Исходные данные для построения диаграммы приведены в табл. 2. В первой графе указываем причины дефектов: свойства формовочной смеси, не соблюдение режимов при уплотнении форм, свойства металла, неточность при сборке форм, неправильное устройство литниковой системы, нарушение технологического процесса, во второй графе – число обнаружения дефектов по вине анализируемых причин, в третьей графе – накопленную сумму дефектов, в четвертой графе – процентное соотношение числа дефектов в общей сумме, в пятой – кумулятивную сумму дефектов в процентах.

Таблица 2. Исходные данные для построения диаграммы Парето по причинам дефектов

Причина дефектов	Число дефектов	Накопленная сумма дефектов	Процентное число дефектов в общей сумме	Накопленный дефект
Свойства формовочной смеси	1593	1593	64,4	64,4
Несоблюдение режимов при уплотнении форм	388	1981	15,7	80,1
Свойства металла	233	2214	9,4	89,5
Неточность при сборке форм	85	2299	3,4	92,9
Неправильное устройство литниковой системы	78	2377	3,2	96,1
Нарушение технологического процесса	39	2416	1,6	97,7
Прочее	58	2474	2,3	100,0
Итого	2474		100	

На основании проведенных исследований причин бракованной продукции построим диаграмму Парето по причинам дефектов (рис. 2).

Из рисунка видно, что появление дефектов в значительной степени зависит от свойств формовочной смеси. Необходимо разработать способ, который исключит появление большого количества дефектных отливок.

Свойства формовочной смеси в значительной степени зависят от используемого смесеприготовительного оборудования. Для повышения качества изготавливаемой формовочной смеси пред-

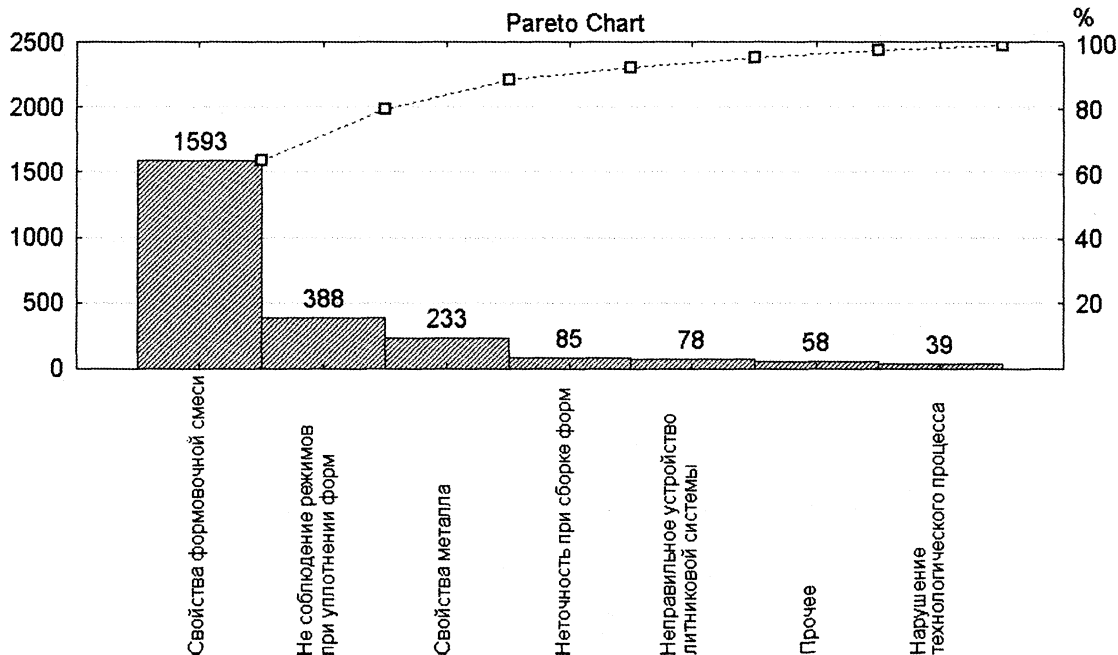


Рис. 2. Диаграмма Парето по причинам дефектов

лагается использовать смеситель интенсивного действия 15104М2 Волковысского завода литейного оборудования.

Сегодня практически во всех цехах Беларуси, так же как, впрочем, и в России и Украине, основным смесеприготовительным агрегатом являются катковые бегуны. В то же время исследования и мировой опыт показывают, что даже применительно к песчано-глинистым смесям эти смесители неэффективны. Проведенные специалистами ОАО «БЕЛНИИЛИТ» исследования показывают, что применительно к песчано-глинистым смесям все большую популярность и распространение завоевывают высокоскоростные вихревые смесители [5–7].

Механизм перемешивания в бегунах заключается в перетирании и «намазывании» связующего на зерна наполнителя. Энергия, необходимая для распределения связующего в объеме смеси и по поверхности зерен, в этом случае является результатом работы, в первую очередь, статических сил. Отсюда высокая относительная энергоемкость и, как следствие, невысокая эффективность процесса [8]. Недостаточно эффективное перемешивание смеси приводит к перерасходу или нерациональному расходованию формовочных материалов и ухудшению качества формовочной смеси – увеличенная влажность, осыпаемость, склонность к эрозии, взрывному пригару, ужиминам. В этих условиях использование даже самых высококачественных формовочных материалов не оправдывает себя, так как оборудование не позволяет готовить из них формовочную смесь требуе-

мого качества и стабильности. Одним из отрицательных факторов, присущих катковым смесителям, является разрушение зерен наполнителя, что соответственно приводит к повышению запыленности и ухудшению газопроницаемости и формоустойчивости смеси [6].

Вихревое смешивание отличается высокими линейными и вращательными скоростями движения частиц наполнителя. Распределение связующего в объеме смеси и по поверхности зерен наполнителя происходит под воздействием высоких динамических энергий. Интенсивное разнонаправленное поступательно-вращательное движение всей смеси, ее микрообъемов и каждой отдельной частицы обеспечивает получение высококачественной смеси, отличающейся высокой степенью гомогенности и безупречным покрытием каждого зерна. Высокие скорости движения зерен и непрерывное соударение частиц приводят к так называемой механической активации связующего комплекса, обеспечивая тем самым повышение прочностных характеристик смеси.

Преимуществом высокоскоростных вихревых смесителей является высокая скорость гомогенизации смеси. Исследования показали, что уже через 60–90 с перемешивания все компоненты, помещенные в высокоскоростной смеситель, равномерно распределяются по объему замеса. В то же время в катковом смесителе на аналогичных смесях тот же уровень равномерности перемешивания достигается через 3–4 мин [6].

Смесь, приготовленная в высокоскоростных вихревых смесителях, имеет более высокие ха-

рактические и по таким важным показателям, как уплотняемость и газопроницаемость. Так, газопроницаемость увеличивается в 1,2–1,5 раза, прочность – на 10–15%, уплотняемость – на 15–20% [5]. Вихревой смеситель по сравнению с катковым обладает более высокой (в 1,5–2,0 раза) производительностью. Удельное энергопотребление вихревого смесителя в 1,5–2,0 раза ниже.

За 1,5 ч перемешивания в катковом смесителе количество пылевидной фракции в смеси возрастает от 8,3 до 9,3%. За то же время в турбинном смесителе этот показатель остается практически без изменений. Увеличение пылевидной фракции отчасти объясняется и меньшей газопроницаемостью смеси, приготовленной в катковом смесителе [5, 6].

Для приготовления формовочной смеси сеприготовительная установка 15104M2 включает в себя: смеситель интенсивного действия; весовую группу для отработанного песка, добавок и воды; зонд (для расчета корректировки влажности); управление со следующими модулями: визуализация хода технологического процесса, вычислительное дозирующее устройство и силовая часть.

Интенсивный смеситель 15104M2 применяется в различных целях для приготовления сырья, смесей и масс. Имеет высокий к. п. д. Характеристики смесителя определяют три компонента:

1. Поворотный смесительный резервуар, который непрерывно подает смешиваемый материал в область вращающихся устройств. При этом образуются встречные потоки смешиваемого материала с высокой разностью скоростей.

2. Вращающиеся специальные смесительные инструменты.

3. Регулируемое комбинированное устройство, которое предотвращает прилипание остатков к стенке резервуара, способствует формированию прочного вертикального компонента потока смеси и ускоряет процесс опорожнения в конце смешивания.

Отсюда и значительные преимущества для потребителя: оптимальная гомогенизация и обработка смешиваемого материала; кратчайшее время смешивания; малый износ; конструкция, не требующая особого ухода; прочный, отличного качества смешиваемый материал (на продолжительное время); непрерывный и периодический режим работы.

Используя современный вихревой смеситель для приготовления формовочной смеси, пользователь может получить требуемые свойства готовой смеси: постоянную уплотняемость, высокую те-

кучность и прочность, достаточную газопроницаемость.

Использование данных технологий позволит улучшить качество форм, изготовленных из формовочной смеси, и, как следствие улучшить качество изготавливаемых отливок. Также происходит сокращение затрат, связанных с покупкой основных и вспомогательных материалов, снижение затрат на электроэнергию. В связи с использованием автоматизированной системы дозирования компонентов формовочной смеси, контроля свойств и регулирования добавок сокращается количество рабочих и соответственно затраты на заработную плату.

Результаты, полученные после реконструкции смесителей для приготовления песчано-глинистой смеси, приведены в табл. 3, 4. В соответствии с ними были построены диаграммы Парето (рис. 3, 4).

Таблица 3. Данные для построения диаграммы Парето после внедрения новой технологии

Тип дефектов	Число дефектов	Накопленная сумма дефектов	Процентное число дефектов в общей сумме	Накопленный дефект	Группа
Песчаные раковины	582	582	30,6	30,6	А
Газовые раковины	388	970	20,4	51,1	
Засор	366	1336	19,3	70,3	
Усадочные раковины	321	1657	16,9	87,2	В
Смещение	145	1802	7,6	94,8	С
Шлаковые раковины	47	1849	2,5	97,3	
Обрыв	29	1878	1,5	98,8	
Прочее	22	1900	1,2	100,0	
Итого	1900		100		

Таблица 4. Данные для построения диаграммы Парето по причинам дефектов после внедрения новой технологии

Причина дефектов	Число дефектов	Накопленная сумма дефектов	Процентное число дефектов в общей сумме	Накопленный дефект
Свойства формовочной смеси	826	826	64,0	64,0
Несоблюдение режимов при уплотнении форм	216	1042	16,7	80,8
Свойства металла	116	1158	9,0	89,8
Неточность при сборке форм	45	1203	3,5	93,3
Неправильное устройство литниковой системы	39	1242	3,0	96,3
Нарушение технологического процесса	19	1261	1,5	97,8
Прочее	29	1290	2,2	100,0
Итого	1290		100	

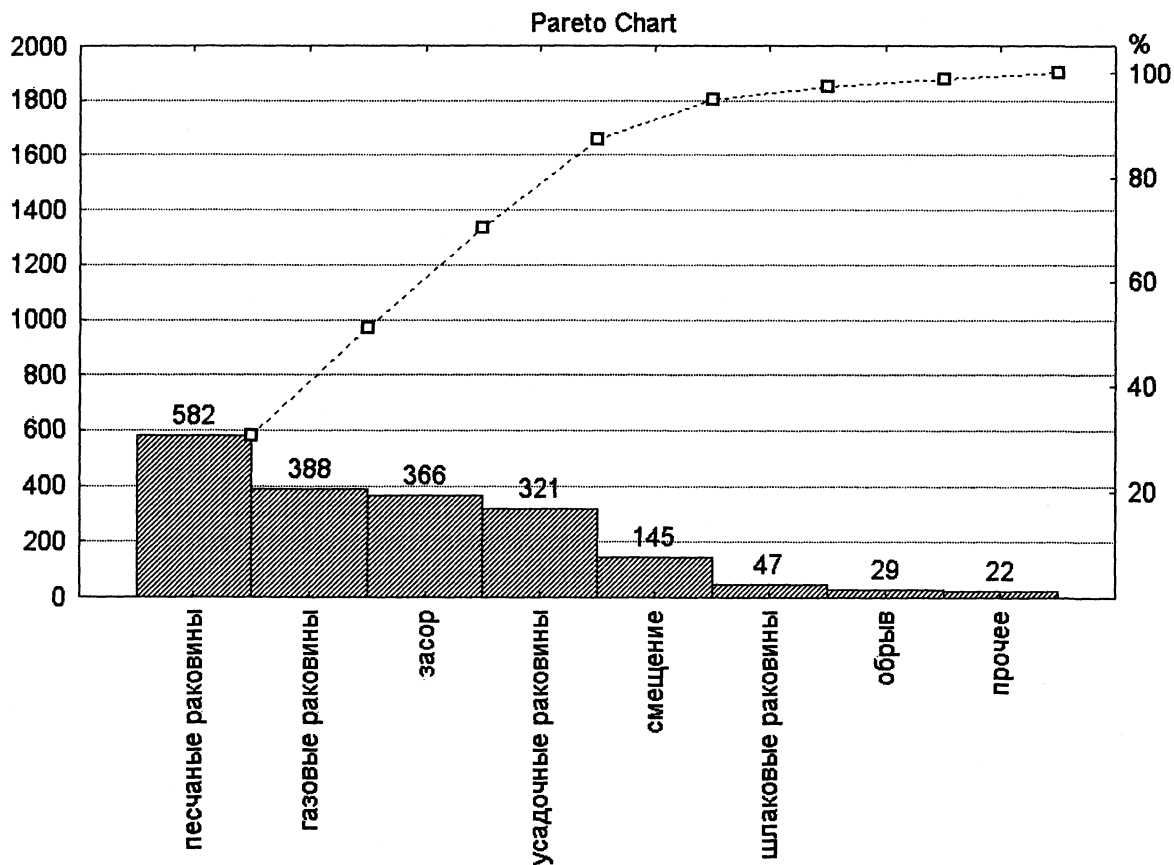


Рис. 3. Диаграмма Парето по группам дефектов

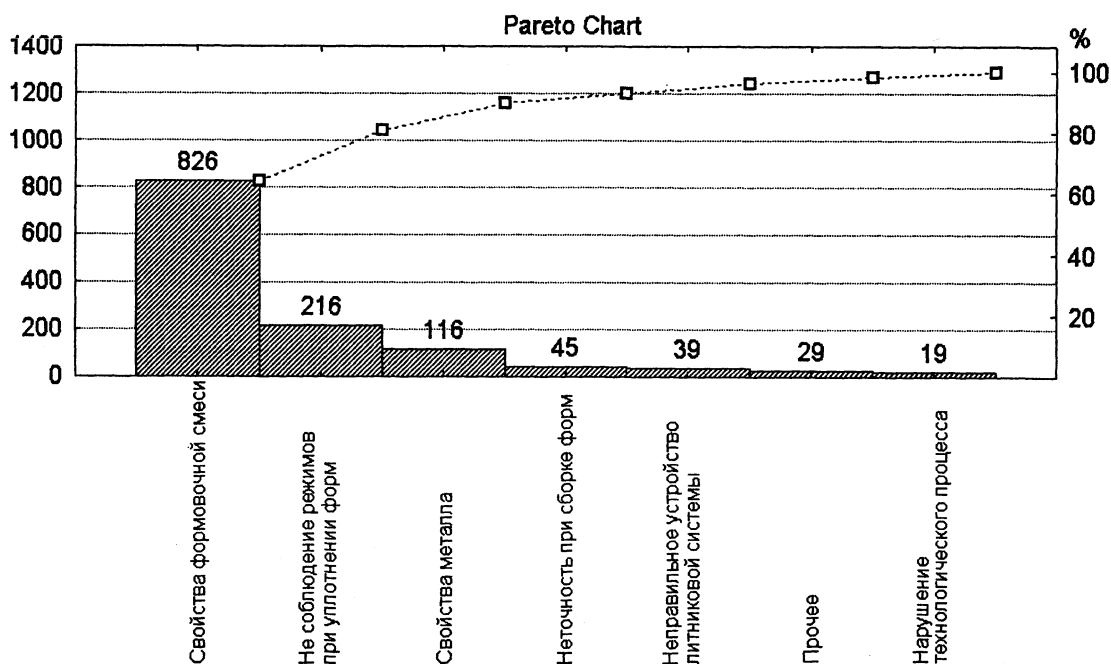


Рис. 4. Диаграмма Парето по причинам дефектов

Таким образом, в ходе реализации цели исследования было предложено использовать современную смесеприготовительную установку. В результате получили снижение дефектов по песчаным раковинам:  $1163 - 582 = 581$  деталей; снижение дефектов по вине формовочной смеси:

$1593 - 823 = 770$  деталей; сокращение материальных затрат в результате снижения процента брака:  $770 \times 32 = 24640$  тыс. руб.

Также предложена методика анализа брака отливок (построение диаграмм Парето) для мониторинга качества отливок.

### Литература

1. Алешкевич О. П. Качество продукции как объект производственного учета // Бухгалтерский учет и анализ. 2005. № 10. С. 10–14.
2. Карпионов Л. А., Карпенко В. М., Филипенко Е. В. Развитие системы менеджмента качества на РУП «Гомельский завод литья и нормалей» // Литье и металлургия. 2008. № 3. С. 203–206.
3. Карпионов Л. А., Карпенко В. М., Комков С. Ю. Развитие менеджмента качества на РУП «Гомельский завод литья и нормалей». // Литье и металлургия. 2006. № 2. Ч. 2. С. 154–158.
4. Исикава К. Японские методы управления качеством. М.: Экономика, 1988.
5. Костылев Д. Л., Голуб Д. М., Кукуй Д. М., Мельников А. П., Бачек А. И. Модернизация смесеприготовительных систем для приготовления песчано-глинистых формовочных смесей // Литье и металлургия. 2006. № 2. С. 39–40.
6. Кукуй Д. М., Ровин С. Л. Анализ условий формирования свойств формовочной смеси в процессе смесеприготовления // Литье и металлургия. 2000. № 3. С. 50–53.
7. Снисарь В. П. Современные технологии смесеприготовления для литья в песчано-бентонитовую форму // Литье Украины. 2004. № 10.
8. Мельников А. П., Сайков М. А., Голуб Д. М. Механизм формирования свойств смеси в период перемешивания ее компонентов // Литье и металлургия. 2005. № 2. С. 22–25.