

2. *Примак, В. М.* Технология и технохимконтроль сахарного производства: учебник / В. М. Примак. — М.: Легкая и пищевая промышленность, 1981. — 240 с.
3. *Ловкис, З. В.* Очистка диффузионного сока в сахарном производстве (настольная книга производственника) / З. В. Ловкис [и др.]; под общ. ред. З. В. Ловкиса. — Минск: Беларуская навука, 2013. — 232 с.
4. *Ловкис, З. В.* Содержание сахара в мелассе. Оптимизация режима кристаллизации сахарозы на последнем продукте (настольная книга производственника) / З. В. Ловкис [и др.]; под общ. ред. З. В. Ловкиса. — Минск: Беларуская навука, 2014. — 97 с.
5. Государственная программа развития сахарной промышленности на 2011–2015 годы: утв. Постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 24 марта 2011 г. №359.

Рукопись статьи поступила в редакцию 18.01.2017

V. V. Kulakouski, V. V. Litvyak

THE SUGAR INDUSTRY THE FOOD INDUSTRY OF THE REPUBLIC OF BELARUS

Characterized the sugar industry of the food industry of the Republic of Belarus. Established that sugar food product is an important strategic destination for the Republic of Belarus. The sugar industry of the Republic of Belarus represented by 4 operating companies: Skidel sugar factory, Gorodeya sugar refinery, Zhabinka sugar plant and Slutsk sugar refinery. The entire range of sugar divided into groups according to colors (white, yellow, brown in different shades, color), purity (refined and less refined (reduced processing)), physical state (crystalline, liquid, amorphous, paste-like), presence of other substances (fondant sugar (containing glucose), gelling (contains pectin), soft sugars (invert sugar), aromatic). To further enhance the efficiency of sugar production it is necessary to gradually improve the existing and to implement new advanced technologies, with the aim of increasing output of sugar and its quality.

УДК 664.1.053.2

Эффективность работы варочно-кристаллизационного отделения определяется качеством и количеством получаемого сахара, выходом мелассы и расходом энергии. Новые технологии в этой области направлены на совершенствование схем кристаллизации и интенсификацию непосредственно процесса кристаллизации сахарозы с использованием различных методов воздействия: механических, электрических, ультразвуковых и т. д. В статье приведены результаты исследований влияния качества сырья на процесс кристаллизации сахарозы.

ВЛИЯНИЕ КАЧЕСТВА СЫРЬЯ НА ПРОЦЕСС КРИСТАЛЛИЗАЦИИ САХАРОЗЫ

**РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси
по продовольствию», г. Минск, Республика Беларусь**

*О. К. Никулина, заведующий научно-исследовательской лабораторией
сахарного производства;*

*В. В. Кулаковский, инженер-технолог I категории научно-исследовательской
лабораторией сахарного производства*

В последние годы наряду с увеличением производства сахара произошло значительное улучшение технического оснащения сахарной промышленности, что привело к росту технико-экономических показателей предприятий.

Основным технико-экономическим показателем сахарной промышленности является выход сахара. Повышение цен на топливо требует разработки новых стратегических направлений энергосберегающей политики в сахарной отрасли.

Процесс кристаллизации является завершающей стадией сахарного производства, существенно влияющей на выход и качество товарного сахара, на эффективность работы предприятия в целом.

Одним из путей повышения эффективности работы, рационального использования сырья, увеличения конечного результата является снижение содержания сахара в мелассе.

Количество мелассы, получаемой при переработке сахарной свеклы, и содержание сахара в ней зависят от качества сырья, технологии его хранения и переработки. Для каждого завода эти условия сугубо специфические и зависят от многих факторов.

В истории сахарной промышленности проводились многочисленные исследования, цель которых — снижение содержания сахара в мелассе.

Одно из направлений исследований — это определение содержания сахара в мелассе в зависимости от состава несахаров свеклы. Результаты данных исследований используются для улучшения технологического качества свеклы, зависящего, прежде всего от культуры возделывания, агротехнических мероприятий, сроков и качества уборки, способов хранения свеклы. Также результаты этих исследований используются для разработки оптимального технологического режима переработки сырья.

Для прогнозирования качества сахарной свеклы, правильного ее хранения и переработки большое значение имеет своевременное проведение наблюдений за развитием свекловичных посевов в период вегетации, а также их предуборочное обследование и определение технологических качеств выращенных корнеплодов.

Для определения технологического качества корнеплодов сахарной свеклы сырьевой зоны ОАО «Скидальский сахарный комбинат» был произведен отвод четырех пробных участков в зоне свеклосеяния комбината, были организованы наблюдения за развитием на них растений сахарной свеклы, производился отбор и исследование корнеплодов с целью получения данных о технологическом качестве возделанной в 2014 и 2015 г. сахарной свеклы.

Под качеством сахарной свеклы понимается комплекс свойств и признаков, которые охватывают, кроме сахаристости и содержания несахаров, все морфологические, физические и химические свойства, влияющие на выход сахара и процесс его производства на сахарном заводе.

Между биологическими, химическими и физическими особенностями существует определенная корреляционная связь, которая в конечном итоге отражается на основных показателях технологического качества свекловичного сырья, и к которым относятся кроме сахаристости корнеплодов чистота очищенного сока, содержание сахара в мелассе, выход сахара и показатель технической спелости — МБ-фактор.

Для оценки технологического качества свеклы основополагающими являются показатели содержания в корнеплодах сахарозы, а также мелассообразующих несахаров, таких как калий, натрий и альфа-аминный азот. Содержание альфа-аминного азота весьма отрицательно воздействует на количество выхода белого сахара из единицы сырья. На его присутствие в сахарной свекле влияют сорт, место выращивания, погодные условия, агротехника возделывания, особенно удобрения и общая загрязненность корнеплодов ботвой и землей после уборки.

Еще один важный показатель качества сахарной свеклы — коэффициент щелочности, определяющий соотношение содержания калия и натрия к альфа-аминному азоту. Для нормальной свеклы он должен быть более 1,8.

Такой важный показатель, как натуральная щелочность зависит, главным образом, от состава свеклы. Формированию натуральной щелочности соков, получаемых из здоровой свеклы, способствует повышенное содержание оксалатов, фосфатов. В то же время повышенное содер-

жание ионов кальция и магния, небелкового азота и редуцирующих веществ снижает ее до отрицательных значений.

Правильным подбором удобрений можно влиять на состав несахаров свеклы, а, следовательно, и на формирование натуральной щелочности.

Диапазон колебаний содержания сахарозы и несахаров в корнеплодах зависит от условий их выращивания, природных, агротехнических и хозяйственно-организационных мероприятий.

Отбираемые научно-исследовательской лабораторией сахарного производства пробы вегетирующих растений сахарной свеклы [1] исследовались на содержание сахарозы, сухих веществ, редуцирующих веществ, золы кондуктометрической, калия и натрия, α -аминного азота, определялись чистота свекловичного и очищенного соков, щелочной коэффициент.

По результатам анализа корнеплодов сахарной свеклы расчетным путем были получены ожидаемые, при переработке свеклы такого качества, значения содержания сахара в мелассе, выхода сахара, МБ-фактора свеклы, коэффициента завода [2].

Оценка технологической способности сахарной свеклы к переработке определяется на основании следующих показателей: сахаристости свеклы, чистоты очищенного сока и МБ-фактора, который показывает количество мелассы, образующейся при переработке сахарной свеклы на каждые 100 кг произведенного сахара. Требования к названным показателям приведены табл. 1.

Таблица 1. Оценка технологического качества сахарной свеклы

Наименование показателя	Качество свеклы		
	хорошее	среднее	ухудшенное
Сахаристость, % к массе свеклы	более 17,0	16,0–17,0	менее 16,0
Чистота очищенного сока, %	более 91,0	90,0–91,0	менее 90,0
МБ-фактор	менее 28	28–35	Более 36

Высокая эффективность свеклосахарного производства обеспечивается, как правило, хорошим технологическим качеством свекловичного сырья. Даже самые совершенные схемы переработки не могут компенсировать низкие качественные показатели перерабатываемой свеклы.

Высококачественная свекла предполагает:

- ♦ высокое содержание сахарозы в ней 17–21 %;
- ♦ уровень чистоты свекловичного сока 88–91 %;
- ♦ содержание б-аминного азота в свекле не более 2 ммоль на 100 г свеклы;
- ♦ содержание калия и натрия должно обеспечить положительную натуральную щелочность свеклы;
- ♦ соотношение содержания калия к натрию должно быть 5 : 1;
- ♦ МБ-фактор (показатель технической спелости свеклы) должен быть менее 30.

Технологические качества свеклы формируются в процессе вегетации, и в различной степени ухудшаются при хранении.

Установлено, что своевременный анализ качества выращиваемого в сырьевой зоне сахарного предприятия сырья и прогноз производственных показателей его переработки позволяет существенно улучшить производственные показатели за счет использования оптимальных параметров процессов.

Ограниченный период благоприятных погодных условий вынуждает начинать уборку урожая сахарной свеклы в сентябре и заканчивать в начале-середине ноября. При этом эффективность производства сахара снижается из-за того, что в переработку в начале производственного сезона зачастую поступает сахарная свекла ранних сроков уборки, а, следовательно, ухудшенного качества, т.к. максимальное сахаронакопление корнеплодами сахарозы и формирование их технологических качеств еще не произошло.

В период хранения в кагатах корнеплоды сахарной свеклы неизбежно теряют сахарозу и технологическое качество, что приводит к ухудшению качества перерабатываемого сырья уже в ноябре.

Содержание сахарозы в перерабатываемом сырье в разрезе декад производственного сезона приведено на рис. 1.

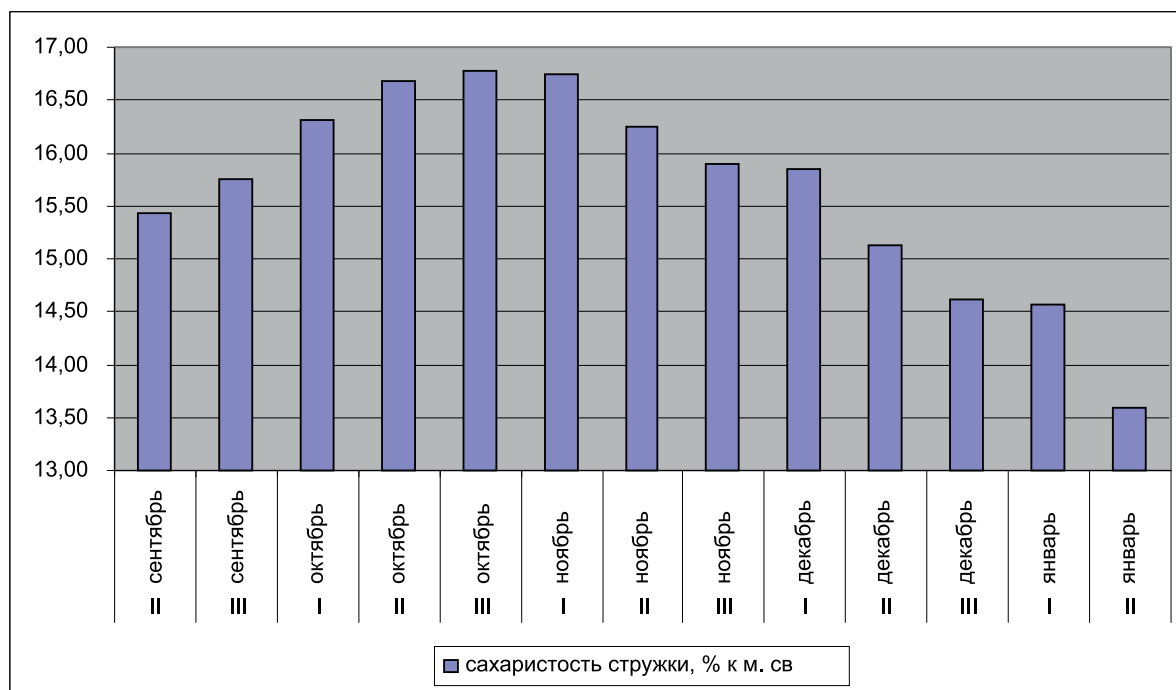


Рис. 1. Содержание сахарозы в сырье в течение производственного сезона

Из рис. 1 видно, что переработка высококачественного сырья производится лишь в октябрь-ноябре, в то время как основная часть перерабатываемого за производственный сезон сырья ухудшенного качества.

Основным показателем, характеризующим качество перерабатываемого сырья, является чистота диффузионного сока, на основании которой и формируются параметры и принципы процессов его очистки.

Основным показателем, характеризующим эффективность очистки диффузионного сока, является чистота сиропа.

Изменение показателей чистоты диффузионного сока и чистоты сиропа в разрезе декад производственного сезона приведено на рис. 2.

Из рис. 2 видно, что, несмотря на все технологические приемы, использованные в процессах очистки диффузионного сока, чистота сиропа неизбежно снижается, по сравнению с началом переработки. Это свидетельствует о необходимости варьирования технологических параметров при переработке сахарной свеклы в зависимости от ее качества.

В свеклосахарном производстве важнейшим завершающим этапом получения кристаллического сахара является кристаллизация. При этом имеется в виду максимальное выделение сахара из сахарных производственных растворов. Важность кристаллизации в технологической схеме сахарного завода определяются тем, что это наиболее эффективный способ очистки сахарных растворов от несахаров. Если на всех предшествующих этапах достигается эффект очистки до 40 %, то все остальные несахара практически отделяются при кристаллизации.

Процесс кристаллизации должен обеспечить наряду с получением высококачественного сахара наиболее полное истощение межкристального раствора для того, чтобы максимально сократить потери сахара в мелассе. Размер этих потерь может достигать 13 % к массе сахара, вве-

денного со свеклой, и зависит от качества продуктов, поступающих на кристаллизацию, а также способа и качества ее проведения.

Отличительной особенностью каждой последующей ступени кристаллизации является то, что заводка и наращивание кристаллов происходят по мере снижения чистоты увариваемых продуктов при более высоких коэффициентах пересыщения. При этом, содержание сухих веществ готовых утфелей повышается по мере снижения чистоты, а массовое содержание кристаллов в сваренном утфеле уменьшается от 54–56 % в утфеле I кристаллизации до 30–38 % в утфеле последней кристаллизации.

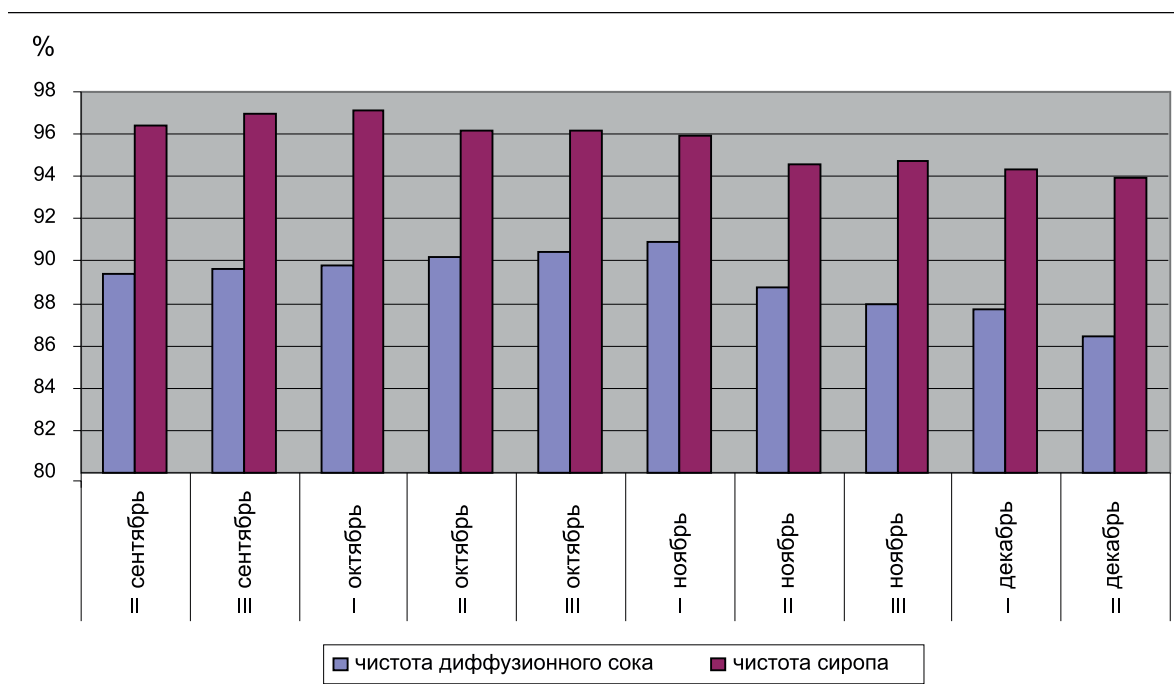


Рис. 2. Чистота диффузионного сока и чистота сиропа в течение производственного сезона

При проведении процесса кристаллизации должны обеспечиваться оптимальные параметры ведения процесса, что усложняется с ухудшением качества перерабатываемого сырья.

Технологические параметры уваривания утфеля I кристаллизации:

Содержание сухих веществ, %	91,5–92,5
Чистота утфеля, %	92,0–94,0
Содержание кристаллов, %	50–55
Эффект кристаллизации, ед.	9–13
Чистота первого оттока, %	83,5–84,5
Чистота второго оттока, %	89,0–91,0
Цветность белого сахара, ICUMSA	не более 104
Гранулометрический состав белого сахара 1,0–0,5 мм, %	90–95

Технологические параметры уваривания утфеля II кристаллизации

Содержание сухих веществ, %	92,0– 93,0
Доброкачественность утфеля, %	82–85
Содержание кристаллов	40–45
Эффект кристаллизации, ед.	12–15
Чистота оттока 2 крист., %	68–72
Чистота желтого сахара 2-ой крист.	96–98
Средний линейный размер кристаллов, мм	0,35–0,50
Оптимальная длительность процесса уваривания, ч	3–3,5

Технологические параметры уваривания утфеля III кристаллизации

Содержание сухих веществ, %	93,0–94,0
Чистота утфеля, %	73–75
Содержание кристаллов, %	36–42
Эффект кристаллизации, ед.	13–15
Содержание сухих веществ мелассы, %	84–86
Чистота мелассы, %	53–60
Чистота желтого сахара 3-ей крист., %	95–97
Оптимальная длительность процесса уваривания, ч	5–7

На сегодняшний день соблюдение данных параметров достигается за счет варьирования количества продуктов, поступающих на конкретную ступень кристаллизации в зависимости от технологических параметров продуктов.

Количество продуктов в кристаллизационном отделении в разрезе декад производственного сезона приведено на рисунке 3.

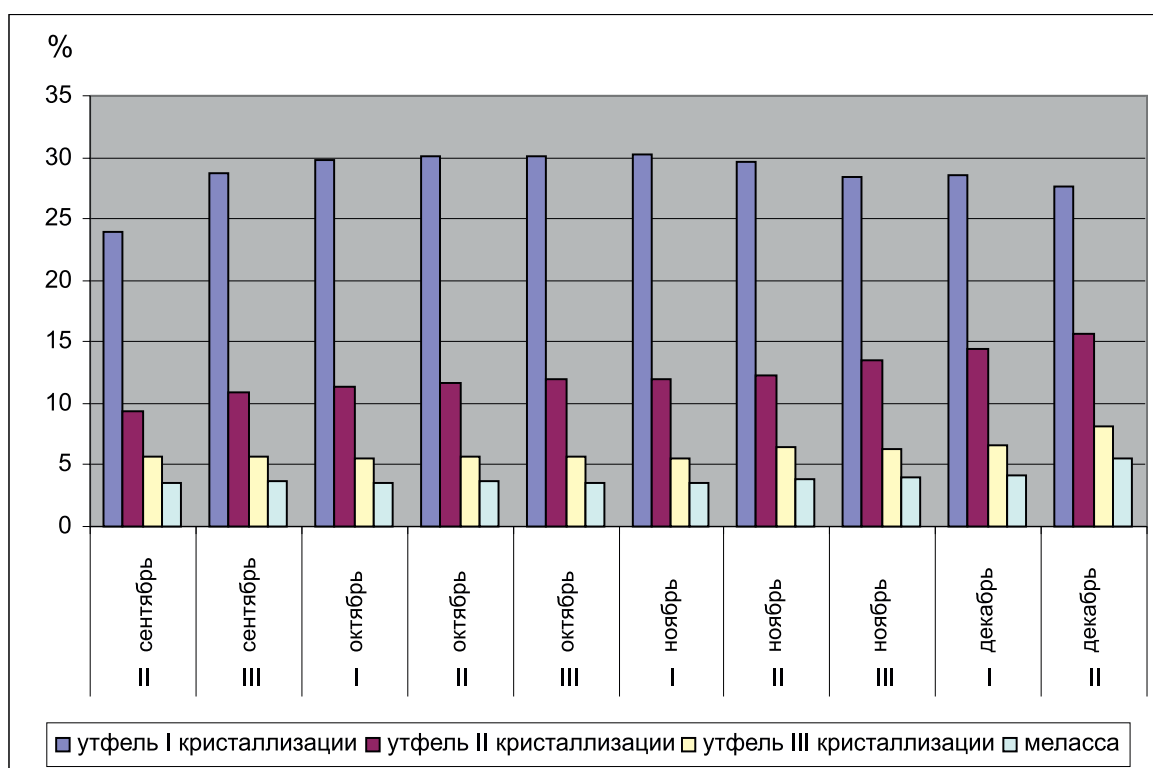


Рис. 3. Количество продуктов кристаллизационного отделения в течение производственного сезона

Из рис. 3 следует, что при ухудшении технологического качества сырья (переработке хранившейся сахарной свеклы) происходит перераспределение количества полупродуктов кристаллизационного отделения с целью соблюдения оптимальных параметров ведения процесса: происходит снижение количества утфеля I ступени кристаллизации и увеличение количества утфелей II и III ступеней кристаллизации, мелассы.

Если рассматривать данные параметры с учетом качественных показателей сырья (чистоты диффузионного сока), то получим зависимости, представленные на рис. 4.

Из рис. 4 видно, что распределение материальных потоков в кристаллизационном отделении напрямую зависит от качества диффузионного сока (его чистоты) и при переработке сахарной свеклы ухудшенного качества для поддержания оптимальных параметров получения сахара и сохранения качества готовой продукции количество продуктов смещается в конец техноло-

гической схемы кристаллизационного отделения. Такие операции приводят к «закручиванию» сахара на верстате и повышенным потерям сахара в производстве.

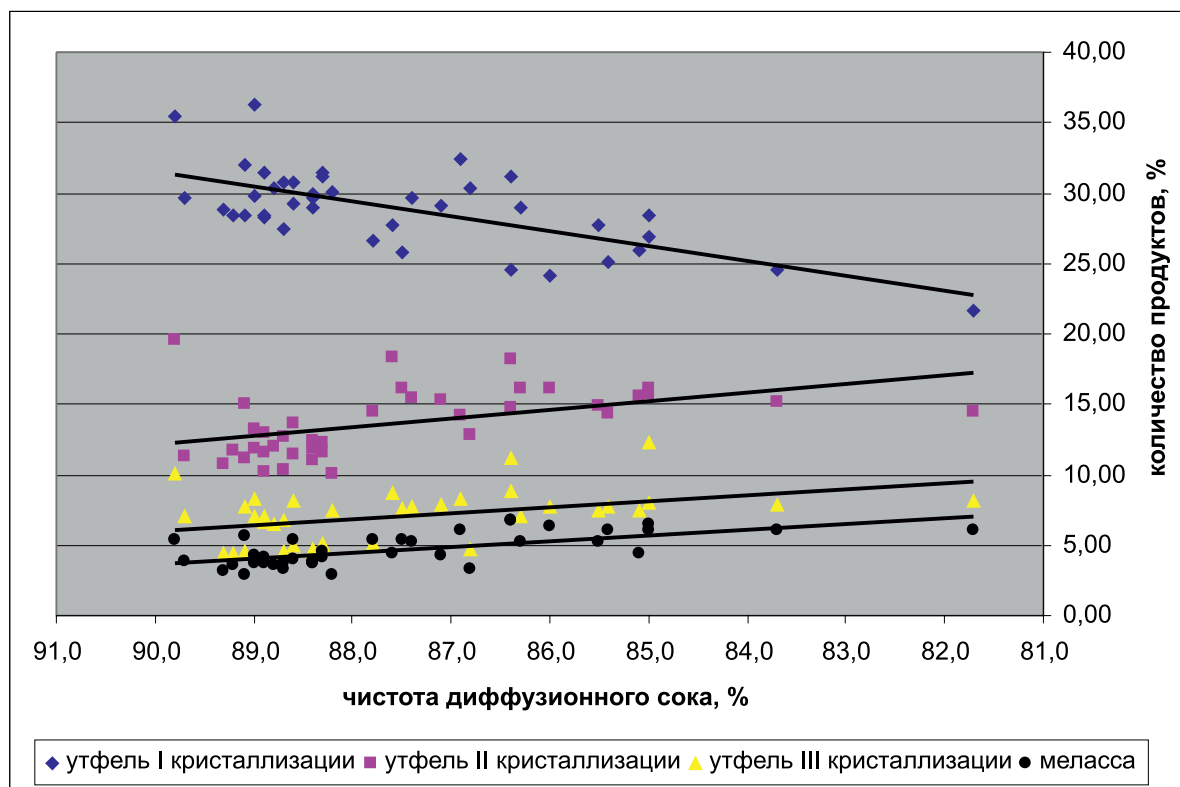


Рис. 4. Зависимости распределения материальных потоков в кристаллизационном отделении от качества сырья

Для снижения потерь сахара в кристаллизационном отделении необходимо усовершенствовать технологию уваривания утфеля II и III кристаллизации в зависимости от качества сырья и на основании анализа его качества при вегетации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Технологический регламент: Приемка и хранение сахарной свеклы: утв. Белорусским государственным концерном пищевой промышленности «Белгоспищепром» 22.11.07. — Минск: ИВЦ Минфина, 2007. — 432 с.
2. Методика комплексной оценки технологического качества сахарной свеклы в период ее вегетации: утв. Белорусским государственным концерном пищевой промышленности «Белгоспищепром» 27.06.2007. — Минск, 2007.

Рукопись статьи поступила в редакцию 20.01.2017

О. К. NIKULINA, V. V. KULAKOVSKIY

THE INFLUENCE OF RAW MATERIAL QUALITY ON THE PROCESS OF CRYSTALLIZATION OF SUCROSE

The efficiency of the boiling and crystallization branches is determined by the quality and quantity of sugar, molasses output, and energy consumption. New technology in this area is aimed at improving the schemes of crystallization and intensification directly in the process of crystallization of sucrose using different methods of stimulation: manual, electric, ultrasonic, etc. In article results of researches of influence of raw material quality on the process of crystallization of sucrose.