Н. К. ЗАЛДАСТАНИШВИЛИ, Б. Э. САРАЛИДЗЕ

ОСНОВЫ РАСЧЕТА ПРИЕМНЫХ БУНКЕРОВ ВИНОГРАДА ДЛЯ ЗАВОДОВ ПЕРВИЧНОГО ВИНОДЕЛИЯ

Н. К. ЗАЛДАСТАНИШВИЛИ, Б. Э. САРАЛИДЗЕ

ОСНОВЫ РАСЧЕТА ПРИЕМНЫХ БУНКЕРОВ ВИНОГРАДА ДЛЯ ЗАВОДОВ ПЕРВИЧНОГО ВИНОДЕЛИЯ

ИЗДАТЕЛЬСТВО «САБЧОТА САКАРТВЕЛО»
ТБИЛИСИ 1974

6 П8.5
663.28
з 229

Гос. публичная
научно-техническая
библиотека СССР
ЭКЗЕМПЛЯР
ЧИТАЛЬНОГО ЗАЛА

В4
33931

74-27972

В брошюре рассмотрены установленные авторами экспериментальным путем некоторые основные физико-механические свойства виноградной массы (сортов Цоликаури и Цицка) и закономерности сводообразования и истечения винограда в зависимости от размеров ширины отверстия и угла наклона стенок бункера, т. е. приводятся основы расчета и конструирования приемных бункеров для заводов первичного виноделия.

Основное внимание уделено созданию приемных бункеров такой конструкции, в которых сводоразрушающие механизмы одновременно выполняли бы процесс дробления винограда и создавали рациональную основу поточного производства.

Книга предназначена в основном для инженерно-технических работников заводов и научно-исследовательских и проектных организаций, занятых конструированием оборудования для винодельческой промышленности, а также может быть полезна студентам, интересующимся вопросами приемки винограда.

З $\frac{3178 - 123}{М601\ /08/—74}$ 248—74

ПРЕДИСЛОВИЕ

Винодельческая промышленность СССР в период своего возникновения получила в наследство лишь классическую технологию производства ряда вин с некоторыми образцами устаревшего оборудования. С тех пор прошло более пяти десятков лет и за это время советские ученые, создавая и постепенно усовершенствуя отечественную технику переработки винограда, добились таких успехов, которые выдвинули нашу винодельческую промышленность в ряды высокоразвитых винодельческих стран мира.

Советские ученые, работающие в области технологии производства вин, внесли большой вклад в биохимическую теорию винного производства. Эти успехи признаны не только в нашей стране, но и за ее пределами. Качество готового вина зависит не только от биохимической стороны технологии, а также и от процессов физико-механического характера. Специфика переработки винограда такова, что необходимые условия для нормальных биохимических превращений в сусле и получения высококачественной готовой продукции создаются в результате определенного физико-механического воздействия на виноградную массу.

Следует отметить, что по физико-механическим характеристикам и свойствам винограда на разных стадиях переработки существует несистематизированный литературный материал. Такое положение кладет отпечаток на темпы усовершенствования технологии и создания новых машин, отвечающих современному уровню развития техники, т. е. поточному производству, начиная с приемки винограда и кончая завершением брожения сусла.

Несмотря на всю важность вопроса, к детальным исследованиям механических свойств винограда на раз-

ных стадиях переработки приступили сравнительно недавно, когда стала заметно ощущаться недостаточность имеющихся данных и необходимость более углубленных исследований. К таким вопросам относятся: геометрические характеристики виноградных гроздей, влияние статической нагрузки на объемную массу, угол естественного откоса, угол обрушения, высота вертикальной свободно стоящей стенки, угол внутреннего трения и др.

Авторы данной работы впервые исследовали закономерности истечения винограда из щелевых бункеров в зависимости от угла наклона стенок и ширины отверстия; предлагают систематизированные данные, необходимые при конструировании приемных бункеров для заводов первичного виноделия.

ГЛАВА ПЕРВАЯ

НЕКОТОРЫЕ СВЕДЕНИЯ ПО ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ПЕРВИЧНОГО ВИНОДЕЛИЯ

§ 1. ОСНОВНЫЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОПЕРАЦИИ ПО ПЕРЕРАБОТКЕ ВИНОГРАДА

Технологический процесс переработки винограда начинается операцией дробления гроздей. До дробления виноград взвешивается и после отбора средней пробы для химического анализа поступает в приемные бункера.

Сущность дробления заключается в разрушении клеточной структуры ягод винограда, что способствует получению и отделению в процессе прессования максимального количества сусла. Кроме того дробление винограда необходимо для отделения сусла-самотека, которое является основным сырьем качественных виноматериалов.

В зависимости от степени зрелости винограда и типа получаемого вина дробление производится без отделения гребней или же с гребнями. В первом случае применяются дробильные и дробильно-стекательные машины, а во втором случае — дробильно-гребнеотделительные машины.

Деформация винограда в зависимости от типа дробильных машин осуществляется разными механическими воздействиями (сжатие, удар, раздавливание и т. д.).

Во всех случаях процесс дробления должен обеспечивать высокое качество сусла-самотека, т. е. чтобы сусло не обогащалось дубильными веществами.

После дробления винограда мезга подвергается стеканию. В таких машинно-аппаратурных технологических схемах, где не предусматривается дробильно-стекательное оборудование, часто до начала прессова-

ния мезга подвергается стеканию в специальные стекатели.

Использование стекателей обусловлено как необходимостью получения высококачественного сусла-самотека, так и повышением производительности прессов.

Современные стекатели должны удовлетворять следующим технологическим требованиям: стекание сусла должно происходить с минимальной аэрацией, содержание взвешенных частиц в сусле должно быть наименьшим, не должно происходить перетирание мезги.

После стекания виноградная мезга поступает на прессование. Если требуется переработать виноград на белые вина, то мезга после отделения самотека на стекателях сразу подается на прессование, а для производства красных вин раздробленная мезга поступает непосредственно в чан для брожения. На прессование передается уже сброженная мезга после отделения от нее большей части полученного сусла.

Если вначале из дробленой массы сусло-самотек выделяется (приблизительно из 1 тонны 50 дал) в основном под действием гравитационных сил, то после же отделения самотека для выделения оставшегося в мезге сусла (приблизительно 25—30 дал) требуется определенное количество энергии. Энергия необходима для дополнительного разрушения клеточной структуры мякоти ягод, для преодоления сил, которые обуславливают взаимосвязь между твердой и жидкой фазой, а также для преодоления гидравлического сопротивления движению сусла в порах.

Полученное сусло-самотек на дробилках и стекателях, а также после прессования направляется в специальные емкости для брожения.

§ 2. ПОТОЧНЫЕ ЛИНИИ ПЕРЕРАБОТКИ ВИНОГРАДА

За последние годы работниками винодельческой промышленности достигнуты существенные успехи в совершенствовании технологии, механизации технологических процессов и создании поточных линий переработки винограда с автоматическим контролем и регулированием протекающих процессов.

В зависимости от вида выпускаемой продукции соответственно подбирается винодельческое оборудование

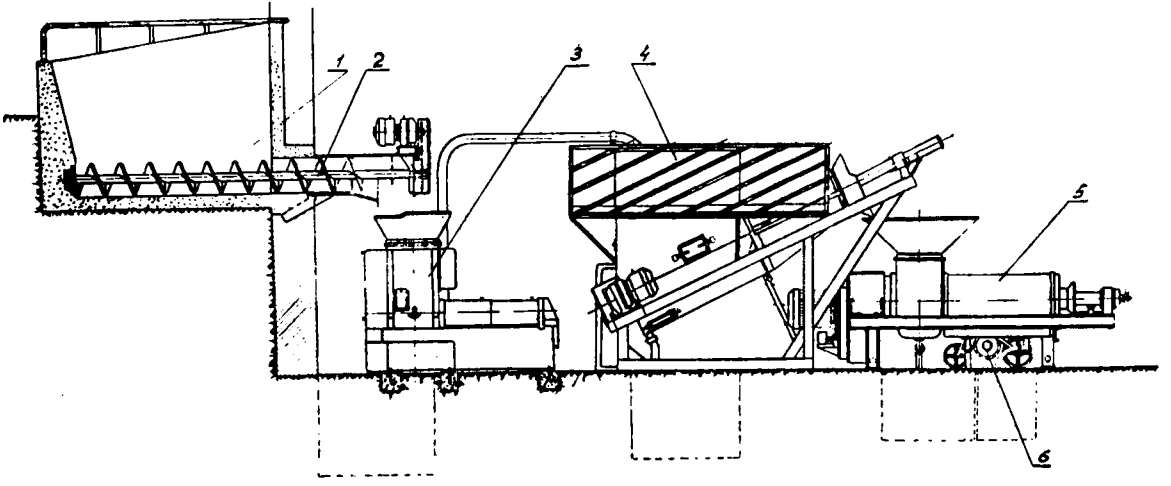

Рис. 1. Поточная линия ВПЛ-10К.

и располагается согласно разработанной технологической схеме производства.

Сотрудниками ГСКБ продовольственного машиностроения и машиностроительного завода им. С. Орджоникидзе г. Тбилиси разработаны и созданы поточно-механизированные линии переработки винограда.

В настоящее время в Советском Союзе серийно выпускаются в основном три варианта поточной линии производительностью 10, 20, 30 т/час. Кроме того разработаны и внедряются в производство также линии производительностью 50 т/час.

Поточная линия ВП1Л-10К. Предназначена для переработки винограда с целью получения сусла, используемого при приготовлении высококачественных вин. Линия состоит (рис. 1) из приемного бункера-питателя Т1-ВБШ-10, дробильно-гребнеотделительной машины Т1-ВДГ-10, стекателя непрерывного действия Т1-ВССШ-10, пресса непрерывного действия ВПНД-10 (Т1-ВПО-10), винтового насоса 1В20-5В, поршневого насоса ВПМН-10 и пульта управления линией.

Виноград поступает в приемный бункер-питатель 1 и шнеком 2 направляется в дробильно-гребнеотделительную машину 3, откуда с помощью винтового насоса мезга перекачивается в бункер стекателя 4 непрерывного действия.

Затем мезга из стекателя под действием собственного веса поступает в бункер пресса непрерывного действия 5, где происходит окончательное ее прессование. Откачка каждой из трех фракций сусла из-под стекателя и пресса обеспечивается тремя поршневыми насосами 6. Включение и выключение машин осуществляется оператором с пульта управления.

Техническая характеристика:

Производительность по винограду, т/час	10
Выход сусла с тонны винограда, дал	75
I фракции (сусло-самотек)	50
II и III фракций	25
Производственная площадь, занимаемая линией, м^2	25

Поточная линия ВПЛ-20 М2. Предназначена для раздавливания виноградных ягод и отделения гребней.

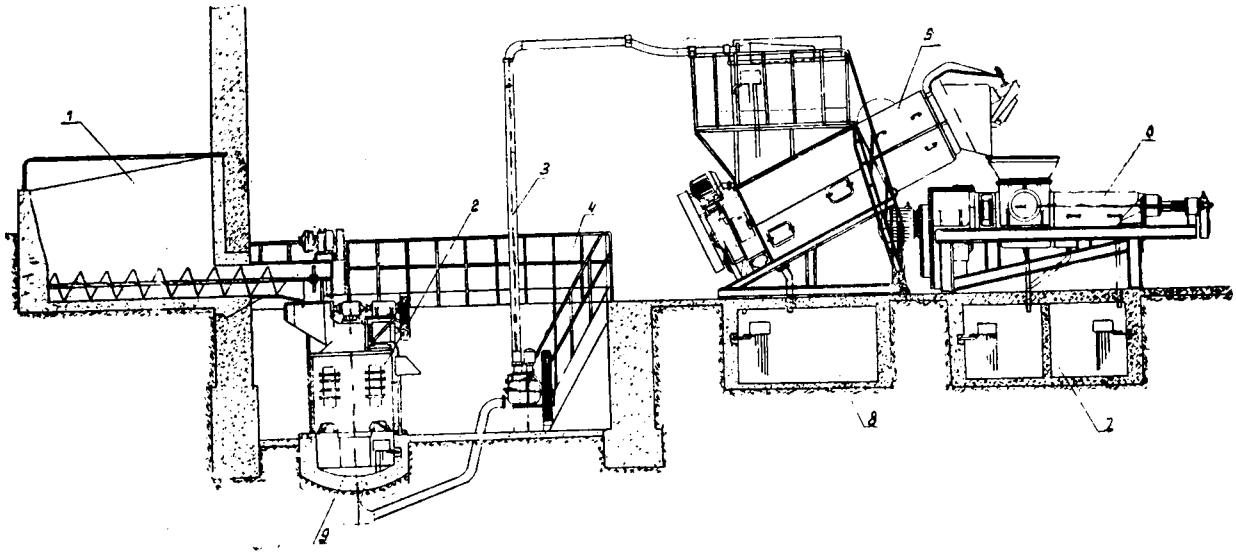

Рис. 2. Поточная линия ВПЛ-20 М2.

отделения от мезги сусла с разделением на фракции и перекачки его на дальнейшую переработку.

Поточная линия (рис. 2) состоит из приемного бункера-питателя Т1-ВБШ-20, центробежной дробилки ЦДГ-20А, поршневого мезгонасоса ПМН-28, секционного стекателя ВССШ-20/30 М, пресса непрерывного действия Т1-ВПО-20, поршневого насоса ВПМН-20, поршневых насосов Н-21 и пульта управления.

Виноград загружается в приемный бункер 1, откуда подается через промежуточный наклонный лоток на центробежную дробилку-гребнеотделитель 2. Раздробленный виноград собирается в бетонном сборнике 9, откуда мезгонасосом 4 по стеклопроводу 3 перекачивается в стекатель непрерывного действия 5. В стекателе происходит отделение сусла I фракции, которое стекает в сборник 8, откуда при помощи поршневого насоса перекачивается в заводскую емкость.

Частично обессусленная мезга со стекателя поступает в пресс непрерывного действия 6 для окончательного дожима. Сусло из пресса стекает в сборник 7 II и III фракций, откуда с помощью поршневого насоса перекачивается для дальнейшей обработки.

Управление всеми машинами, входящими в линию, осуществляется с одного пульта управления.

Техническая характеристика:

Производительность, т/час	20
Выход сусла с тонны винограда, дал (в том числе I фракций — 55)	75
Производственная площадь, занимаемая линией, м²	70

Поточная линия ВПЛ-30ЕЗ. Состоит из бункера-питателя со шнековым дозатором ВПШ-30Д (рис. 3), центробежной дробилки-гребнеотделителя ЦДГ-30А, поршневого мезгонасоса ПМН-28, шнекового стекателя с секционным бункером и гидрорегулятором ВССШ-20/30, поршневого насоса для сусла ВПМН-20, поршневого насоса для сусла Н-21, пресса Т1-ВПО-30, системы автоматической блокировки, защиты и сигнализации.

Последовательность переработки винограда аналогична выше описанной поточной линии ВПЛ-20 М2.

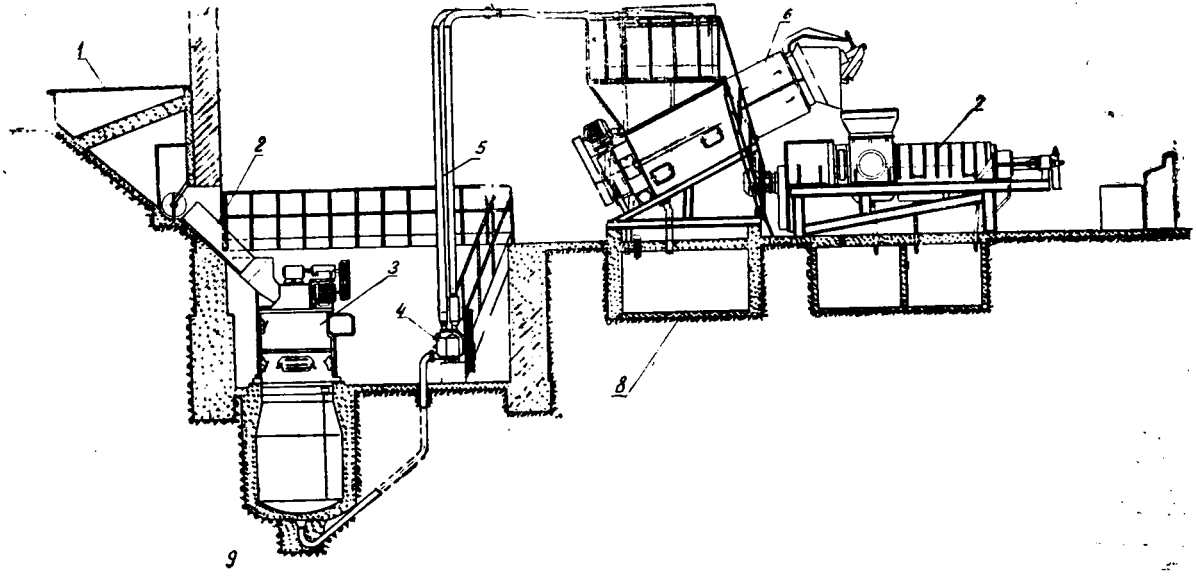

Рис. 3. Поточная линия ВПЛ-30 ЕЗ: 1 — бункер-питатель; 2 — лоток; 3 — центробежная дробилка-гребнеотделитель; 4 — мезгонасос; 5 — трубопровод; 6 — шнековый стекатель: 7 — пресс; 8 — сборник сусла-самотека, 9 — сборник мезги.

Техническая характеристика:

Производительность, т/час	30
Максимальный выход сусла с тонны винограда, дал:	
I фракции не менее	55
II и III фракции	20
Общая производственная площадь, м²	74

Поточная линия ВПЛ-50. Предназначена для переработки винограда на белые вина и применяется на заводах первичного виноделия.

В состав линии входят: приемный бункер-питатель Т1-ВБШ-50 (рис. 4), центробежная дробилка-гребнеотделитель ЦДГ-50, стекатель непрерывного действия Т1-ВССШ-50, пресс непрерывного действия Б2-ВПО-50, насос мезговой ВПН-80, насос центробежный ВЦН-40, насос поршневой ВПМН-20.

Виноград разгружается в приемный бункер I, из которого подается на дробление и гребнеотделение в устройство 2. Мезга после гребнеотделения собирается в мезгосборнике, откуда мезговым насосом подается в стекатель 3 для отбора сусла I фракции. После предварительного отбора сусла мезга подается в дожимочный пресс 4, где происходит окончательное обессусливание ее. Сусло I фракции насосом ВЦН-40, а сусло II фракции насосом ВПМН-20 перекачивается на дальнейшую переработку.

Гребни от дробилки и выжимки после пресса удаляются за пределы цеха скребковыми транспортерами 5,7.

Управление линии осуществляется с пульта управления 6 в двух режимах работы: ручным и автоматическим.

Техническая характеристика:

Производительность линии, т/час	50
На линии обеспечено получение двух фракций сусла (I фракции — со стекателя и II — прессовая) в количестве 75—76 дал с тонны винограда, в том числе:	
I фракции	50—55
II фракции	20—25

Линия разработана Тбилисским ГСКБ «Продмаш» в 1972 году.

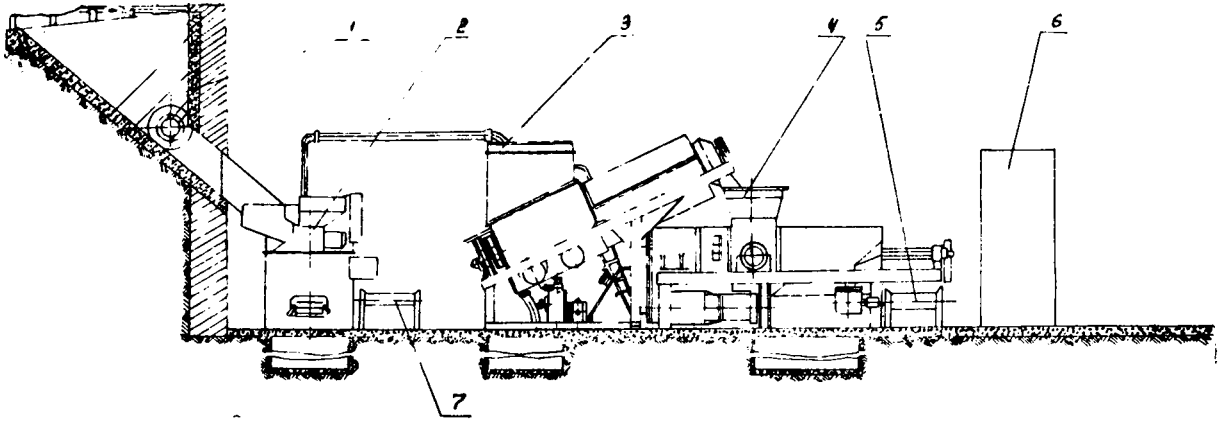

Рис. 4. Поточная линия ВПЛ-50.

Роторно-карусельная линия Б2-ВП1К. Предназначена для переработки винограда в сусло высокого качества, идущее на приготовление марочных и шампанских вин. Виноград, поступивший на переработку, подается в приемный бункер, откуда направляется на вальцы дробилки (рис. 5). Дробилка раздавливает ягоды, и полученная мезга под действием собственного веса проваливается в корзину, расположенную под дробилкой.

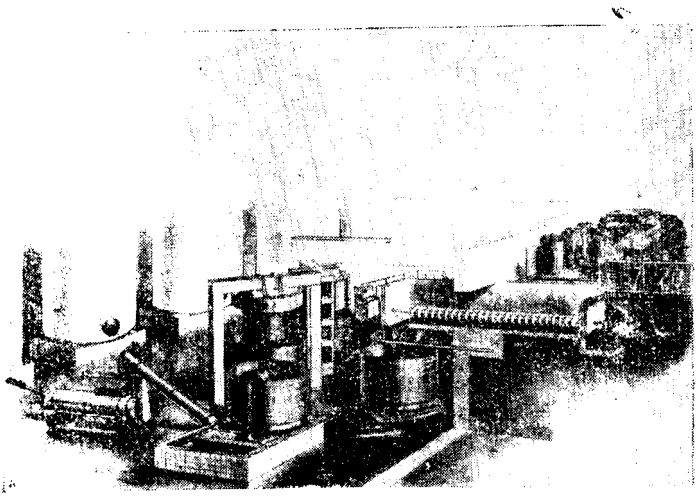

Рис. 5. Роторно-карусельная линия.

В процессе заполнения корзины происходит стекание сусла через щели корзины. Стекающее сусло попадает на поддон и по сливным патрубкам направляется в кольцевую канаву, а оттуда по трубопроводу — в суслосборник, из которого насосом перекачивается на дальнейшую переработку.

После заполнения корзины мезгой шнек приемного бункера и дробилку выключают и включают привод карусели. При этом карусель поворачивается на $^1/_5$ часть круга и корзина с мезгой ставится на вторую позицию, где продолжается стекание сусла. Затем привод карусели перемещает корзину под гидравлический пресс,

первого давления и осуществляется легкое прессование.

По окончании первого прессования карусель ставит корзину на четвертую позицию, т. е. под гидравлический пресс второго давления, где происходит частичное перелопачивание под действием ступенчатой матрицы и прессование.

Сусло, проникшее через щели нижней ступени матрицы, накапливается в ней и затем откачивается насосом в суслосборник. На этом отбор высококачественного сусла заканчивается.

Далее карусель переводит корзину с отжатой мезгой на последнюю позицию. Разгрузчик стаскивает корзину с поддона (отжатая мезга проваливается в бункер), а затем возвращает ее на поддон. После этого карусель переводит пустую корзину на первую позицию — под дробилку, и цикл повторяется.

Из перевалочного бункера отжатая мезга шнеком транспортируется к дожимочному прессу, полученное сусло собирается в отдельном суслосборнике.

Техническая характеристика:

Производительность, т/час	20
Ритм работы линии, мин.	20
Число корзин	5
Вместимость каждой корзины винограда, т	6,7
Средний диаметр карусели, мм	4200
Выход сусла с тонны винограда, дал:	
общий	80
фракции I и II прессованный	60
Площадь, занимаемая линией, м²	90

Роторно-карусельная линия разработана Тбилисским ГСКБ «Продмаш» в 1965 году.

На рис. 6 дана компановка пяти комплектов роторно-карусельной линии для заводов высокой производительности.

Кроме рассмотренных поточных линий переработки винограда, существуют линии ВПКС-10А, линия совхоза «Винрассадник» и др., которые заслуживают большого внимания.

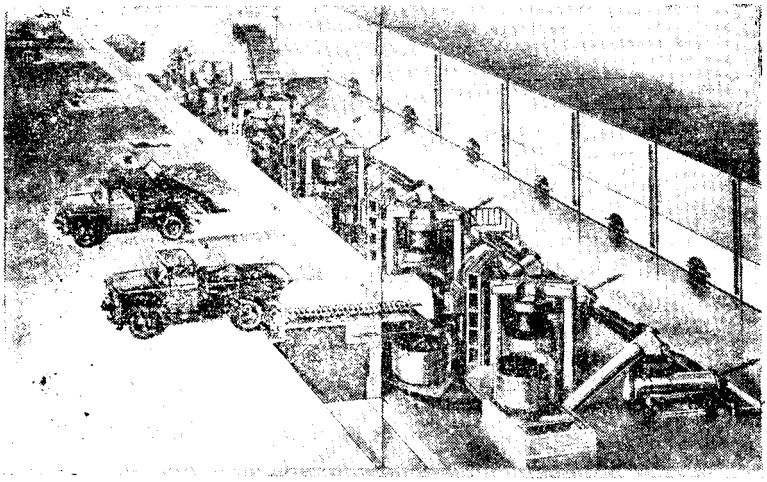

Рис. 6. Винодельня (пять комплектов роторно-карусельной линии).

§ 3. ОСНОВНЫЕ НЕДОСТАТКИ ПРИЕМНЫХ БУНКЕРОВ-ПИТАТЕЛЕЙ ВИНОГРАДА И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ

Несмотря на то, что внедрение приемных бункеров для винограда в поточных линиях первичного виноделия позволило сократить часть трудоемких работ, ранее выполняемых вручную, вопрос приема винограда в бункер и его подачи на следующую операцию технологического процесса пока остается нерешенным.

Из рассмотренных поточных линий первичных винзаводов во всех случаях применяются железобетонные и металлические щелевые бункера с наклонными днищами. В нижней части каждого бункера предусмотрены один или два выносных шнека, которые одновременно являются дозаторами дробильных машин (рис. 7 а, б, в). В некоторых же случаях используются железобетонные бункера без питающих шнеков, подача винограда на переработку происходит самотеком, за счет наклонных стенок приемного бункера (рис. 7 г).

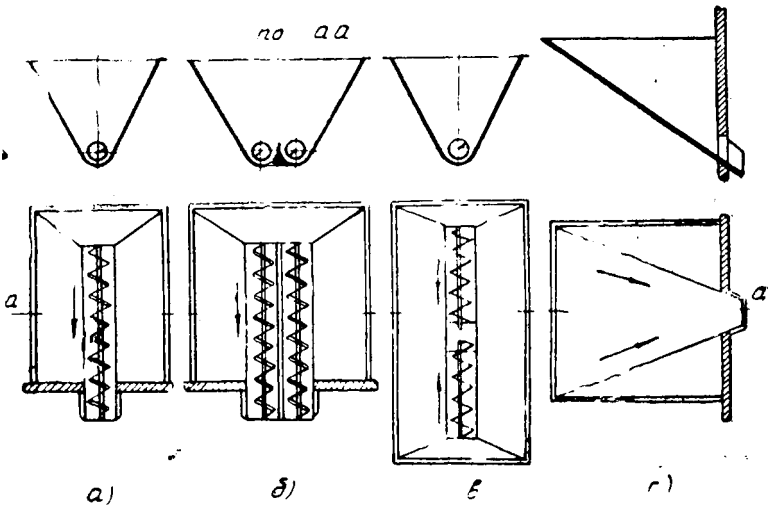

Рис. 7. Существующие приемные бункера-питатели для винограда.

Объемы приемных бункеров малы и не соответствуют производительности транспортных средств. Кроме того виноградная масса является плохосыпучим материалом, во всех конструкциях часто под выходными отверстиями образуются застойные зоны. Обслуживающий персонал лопатами или специальными побудителями разрушает своды вручную и подает материал на шнек (рис. 8). Дозирующие шнеки в бункерах применяются с постоянным шагом и диаметром. Когда шнек полностью погружен в виноград, замечается склонность последнего к обширному сдвигу в продольном направлении бункера, где отсутствует массовое истечение, и бывают случаи, когда в неподвижных зонах виноград принудительно поднимается вверх. Виноград в шнек поступает из задней зоны бункера, так как при работе шнека освобождается ее задний виток. Таким образом, виноград, выстаивающийся в бункере определенное время, полностью проходит всю длину шнека. Силы внешнего трения винограда на поверхности шнека и силы внутреннего сдвига вызывают механическое повреждение материала, сопровождающееся преждевременным выделением сусла в бункере. Это отрицательно влияет на качество про-

7424972
Государственная
техническая
библиотека СССР
ЭКЗЕМПЛЯР
ЧИТАЛЬНОГО ЗАЛА

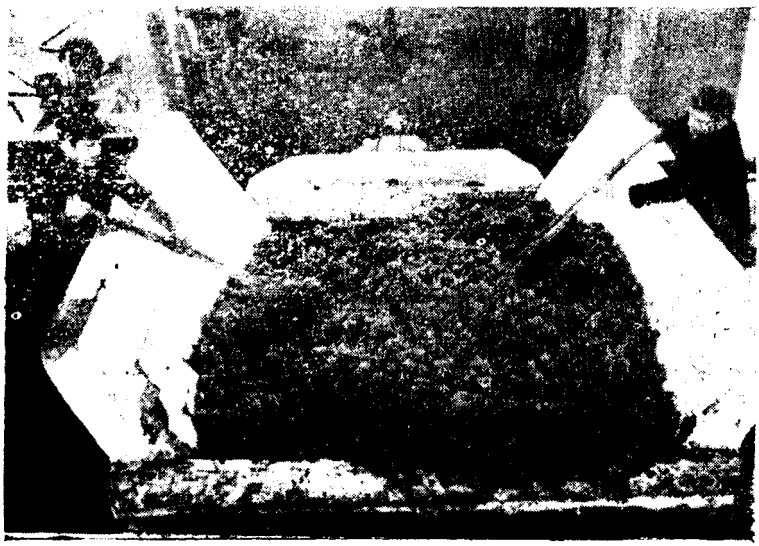

Рис. 8. Образование застойных зон и их разрушение в щелевых бункерах.

дукции. Кроме того, вследствие выстаивания винограда в бункере изменяются свойства сырья и снижается его качество.

Следовательно, применяемые бункера для винограда не обеспечивают непрерывность процесса первичного виноделия, уменьшают производительность завода. Неравномерная подача винограда нарушает требуемый режим дробления, что в конечном итоге влечет за собой снижение качества готовой продукции.

В настоящее время, когда площадь под виноградники из года в год увеличивается, промышленность не может удовлетвориться низкопроизводительными приемными устройствами для винограда и ставит перед специалистами задачу создать высокоэффективные приемные бункера, которые дадут возможность полностью механизировать и в дальнейшем автоматизировать процесс первичной переработки винограда.

За последние годы в горнодобывающей, химической, пищевой и других отраслях промышленности большое развитие получили устройства непрерывного действия для транспортирования и хранения сыпучих материалов (песок, удобрения, мука, зерно и др.). Расчет таких устройств проводится с помощью разработанной инженерной методики с учетом физико-механических свойств материала. Однако указанная методика не относится к процессам транспортировки и промежуточного хранения винограда, поскольку эти процессы еще недостаточно изучены. Поэтому при проектировании нового оборудования, а также при эксплуатации существующих приемных устройств в производственных условиях характерные параметры процесса истечения, механические свойства винограда и их взаимная связь совершенно не учитываются. Таким образом, преобладает эмпирический подход к выбору режима процесса, что и является основной причиной трудности создания нового и усовершенствования существующего приемного оборудования для винограда.

При создании и установлении принципа действия приемного бункера винограда с соответствующими питающими механизмами должны учитываться основные механические свойства винограда: гранулометрический состав, объемная масса, углы естественного откоса и обрушения и др., а также необходимые параметры

процесса истечения и сводообразования, в зависимости от размера выходного отверстия и угла наклона стенок бункера.

Эти параметры в винодельческой промышленности еще недостаточно изучены, и в настоящей работе приводятся экспериментальные данные некоторых механических свойств и основных зависимостей процесса истечения винограда из бункеров с плоским и щелевым днищами и образования устойчивых сводов.

Программа экспериментальных исследований заключается в изучении свойств винограда и основных закономерностей истечения, связанных с разработкой современных приемных бункеров-питателей для винограда.

Исследованию подлежали следующие основные вопросы.

1. Определение основных механических свойств материала:
   а) гранулометрический и весовой состав виноградных гроздей;
   б) изменение объемного веса винограда от статической нагрузки;
   в) вертикальная свободно стоящая стенка винограда;
   г) угол обрушения винограда;
   д) коэффициент (угол) статического внешнего трения винограда;
   е) изменение угла естественного откоса винограда в зависимости от статической нагрузки;
   ж) корреляционные связи между некоторыми свойствами винограда;
2. Исследование некоторых закономерностей истечения винограда из бункеров:
   а) определение основных характеристик истечения из бункеров с плоскими днищами и квадратными выходными отверстиями;
   б) определение основных характеристик истечения из бункеров щелевого типа в зависимости от размеров выходных отверстий и угла наклона стенок бункера.

Программа исследования была полностью выполнена для сортов Цоликаури, Цицка и Цоликаури — Цицка (50x50%).

Смешанные сорта мы брали с целью контроля полученных закономерностей для основных сортов.

Перед экспериментом из общей массы исследуемого винограда отбирали среднюю пробу, определяли сахаристость и температуру по известной методике.

Для получения точных экспериментальных показателей перед каждым опытом брались средние пробы исследуемого материала путем квартования. Для каждого опыта брались новые порции винограда.

При составлении программы исследований в основу были положены материалы по исследованию физико-механических свойств насыпных материалов, истечения сухого чая из плоской и щелевой модели бункеров, а также материалы этих исследований в смежных отраслях промышленности.

В качестве экспериментальной аппаратуры были применены приборы и плоская модель бункера кафедры «Оборудования предприятий пищевой промышленности» ГПИ им. В. И. Ленина. Экспериментальная установка щелевого бункера и модель предлагаемого бункера с дробилкой были изготовлены на Зестафонском механическом заводе ГРПО «Самтреста». Опыты проводились на Квалитском и Зестафонском винзаводах Зестафонского заводоуправления «Самтреста» в 1969—1973 гг.

Полученные данные по всем пунктам программы исследования обрабатывались методом математической статистики.

На основании полученного экспериментального материала и многолетнего наблюдения над работой приемных бункеров-питателей нами была разработана, сконструирована и изготовлена действующая модель приемного бункера с дробилкой и устройством предварительного отбора самотека.

§ 4. КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ИМЕРЕТИНСКИХ (ЗАПАДНАЯ ГРУЗИЯ) СОРТОВ ВИНОГРАДА

Для определения механических свойств винограда и основных закономерностей истечения нами были использованы имеретинские сорта винограда.

Следует отметить, что наиболее распространенными сортами являются Цоликаури и Цицка. Так, из общей площади виноградников (см. табл. 1) 46,5% занимают лозья сорта Цоликаури, а 36% — лозья сорта Цицка. Остальные сорта, приведенные в таблице, не имеют промышленного значения, так как процентное содержание их из общей площади виноградников составляет не более 2,15%. Поэтому для экспериментальных исследований подбираем распространенные сорта винограда Цоликаури и Цицка и считаем целесообразным коротко охарактеризовать их.

Цоликаури — широкораспространенный стандартный сорт для производства белых столовых вин Западной Грузии. После Ркацители, он занимает первое место по площади. Используется для приготовления высококачественных столовых европейских, местных, природно полусладких, десертных вин и коньяков.

Гроздья средних размеров, широко конической или конической формы, нередко лопастные, иногда ветвистые, бесформенные, среднеплотные, реже рыхлые. Ножка грозди травянистая, длиной 30—50 мм, у основания ножка древеснеет и окрашивается в цвет побега — в желтовато-коричневый. Ножка ягоды светло-зеленая, длиной 5—6 мм.

Ягоды средних размеров (16x15 мм), округлые, реже встречаются несколько сплюснутые и овальные. Кожица ягоды грубая, отделяющаяся от мякоти, покрыта довольно густым восковым налетом. Мякоть плотная, но сочная, сок бесцветный.

Количество семян в ягоде варьирует от 1 до 4, в среднем на ягоду приходится 1,88 семян. Тело семени продолговато округлой формы, длиной 7,5—8,0 мм, шириной — 4,5—5,0 мм.

Цицка — имеретинский стандартный сорт позднего периода созревания; идет на приготовление шампанского, белых высококачественных европейских, а также местных столовых вин.

Гроздья средних размеров, цилиндро- конические, реже цилиндрические, крылатые, плотные, реже очень или среднеплотные. Ножка грозди 30—40 мм, травянистая, у основания древеснеет и окрашивается в цвет чубука. Ножка ягоды зеленая, длиной 4—4,5 мм.

Таблица 1

Площади виноградников имеретинских (Западная Грузия) сортов винограда по районам
(из данных паспортизации 1970 г.).

РАЙОНЫ	Общая площадь, га	Сорта лоз и занимаемая площадь виноградников, га								
		Цоликаури	Цицка	Будешури	Горулимцване	Таврризи	Дзвелшави	Ркацители	Алиготе	Другие сорта
Цхалтубский	1104,05	950,0	67,34	7,70	8,80	16,50	—	—	—	53,71
Самтредский	864,96	858,9	—	—	—	—	—	—	—	6,06
Цулукидзевский	392,45	381,47	—	—	—	—	—	—	—	10,98
Ванский	2456,52	2382,82	—	—	—	—	—	—	—	73,70
Маяковский	2769,98	2271,38	124,65	—	—	—	41,55	188,36	—	144,04
Зестафонский	4673,73	1504,91	2762,16	—	—	—	—	—	—	406,66
Терджольский	3388,87	762,50	2511,18	—	—	—	—	—	—	115,19
Чиатурский	1573,61	190,41	552,32	—	140,06	—	163,64	—	—	527,18
Сачхерский	2447,04	301,0	425,79	—	518,76	—	269,17	—	168,85	763,47
Орджоникидзевский	1667,76	138,43	1322,53	—	—	—	—	—	—	206,80
Ткибульский	530,95	396,13	114,7	—	—	—	—	—	—	20,12
Итого:	21869,92	10137,95	7880,67	7,70	667,62	16,50	474,36	188,36	168,85	2327,91
Занимаемая площадь виноградников, %										
		46,5	36,0	0,04	3,03	0,08	2,15	0,85	0,75	10,60

Ягоды средних размеров (16,5x15,5 мм), округлые, реже слабо овальные, симметричные, зеленовато-желтые, кожица тонкая, прочная, покрыта густым восковым налетом, мякоть сочная, расплывающаяся.

В ягоде в среднем 2 семени. Тело семени продолговато-округлой формы, длиной 7—7,5 мм, шириной — 4—4,5 мм.

ГЛАВА ВТОРАЯ

НЕКОТОРЫЕ МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ВИНОГРАДА

Хранение и дозирование сыпучих материалов широко применяется в самых различных отраслях промышленности. Разработка общей единой методики проведения инженерных расчетов соответствующего технологического оборудования для сыпучих материалов невозможна, так как эти материалы (песок, гравий, щебень, разные удобрения, мука, зерно, сухой чай и др.) по своим физико-механическим свойствам резко отличаются друг от друга.

Механические свойства сыпучих материалов определяют конструкцию основных узлов бункеров, дозаторов, питателей. Некоторые сыпучие материалы имеют хорошую подвижность и тем самым облегчают процесс дозирования. Другие склонны к слеживанию и сводообразованию. В таких условиях истечение материала из выпускных отверстий осложняется, требуется применение вспомогательных сводоразрушающих механизмов.

Виноградная масса транспортируется с виноградников в приемное отделение винзаводов и для дальнейшей переработки подается в специальные бункера-хранилища. Анализируя виноградный материал, можно заметить, что гроздья винограда до дробления не относятся ни к твердому телу, ни к жидкости. Они больше приближаются к насыпным материалам. Поэтому для характеристики и расчетов соответствующего оборудования необходимо изучение механических свойств виноградных гроздей.

§ 1. ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКИЙ И ВЕСОВОЙ СОСТАВ ВИНОГРАДНЫХ ГРОЗДЕЙ

Гранулометрический состав насыпного груза — это количественное распределение составляющих частиц по

их крупности. Крупность виноградных гроздей, т. е. линейные размеры их, служит основанием для расчета сечения выпускных отверстий бункеров, отверстий выпускных воронок дозаторов и т. д.

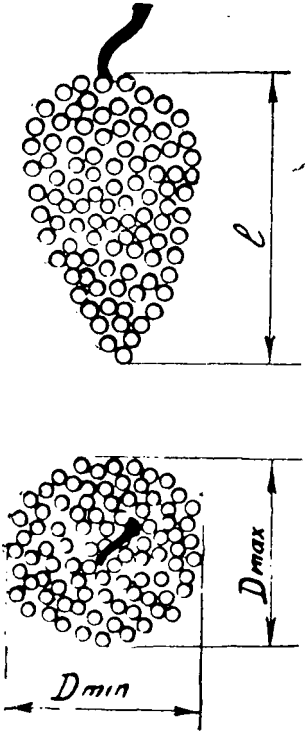

Рис. 9. Размеры виноградных гроздей.

Определение гранулометрического состава виноградных гроздей нами производилось следующим образом. Брали средние пробы из общей массы винограда. Замеряли гроздья по трем взаимно перпендикулярным направлениям так, чтобы в одном из этих направлений размер гроздей был наибольшим, и в общем случае получали три линейных размера: l, D_{min}*, D_{max} рис. 9). Известно, что длина частицы (в нашем случае длина грозди) является размером, характеризующим крупность частицы, так как она определяет многие параметры транспортирующих машин, аккумулирующих устройств и т. п. Кроме того, для каждой грозди соответственно определяли вес.

Для определения размеров гроздей винограда из общей массы прежде всего находили по первоначальным данным измерения наибольший x_{max} и наименьший x_{min} варианты и определяли общий интер-

---

* Ввиду того, что гроздь винограда в максимальном поперечном сечении не является идеальной окружностью, то D_{max} равен максимальному значению поперечного сечения. Так как D_{min} не является характеризующим размером, то его не принимаем во внимание.

вал измерения. Общий интервал делили на частные интервалов $\triangle x$ ($k = 10$). После этого просматривали варианты первоначальной таблицы в порядке записи и определяли принадлежность каждого варианта к определенному интервалу. Факт такой принадлежности отмечали точкой. Численность m вариантов определяли путем подсчета точек, приходящихся на каждый интервал. Исходя из этого, частость w определялась по формуле:

$$w = \frac{m}{n} \cdot 100\%, \qquad (1)$$

где n — количество гроздей в пробе, полученное из общей массы винограда путем квартования. В нашем случае $n = 20$. На основании этого была составлена таблица 2, которая представляет собой таблично заданные функции, связывающие численности m и частости w с вариантами x. Эти функции характеризуют распределение признака в выборочных совокупностях и выражают эмпирические законы распределения признака.

Из табл. 2 следует, что размеры виноградных гроздей сорта Цоликаури колеблются в пределах $l = 78$—167 мм; $D = 40$—110 мм, соответственно вес гроздей $q = 40$—200 г. А размеры виноградных гроздей сорта Цицка колеблются в пределах $l = 82$—180 мм; $D = 43$—70 мм; вес гроздей $q = 136$—305 г.

По нашему предположению, по крупности виноградные гроздья можно подразделить на следующие категории: мелкие гроздья $l_м = 70$—100 мм; средние $l_{ср} = 100$—140 мм; крупные $l_к = 140$—180 мм.

На рис. 10 построены полигоны частостей, которые являются эмпирическими законами в виде графиков распределения размеров (по длине l) виноградных гроздей.

Анализируя кривые 1, 2, можно заметить, что для обоих сортов винограда наименьшая частость ($w = 5$—10%) наблюдается для гроздей длиной l от 75 до 100 мм (мелкие гроздья) и от 140 до 180 мм (крупные гроздья), а наибольшей частостью характеризуются гроздья средней длины — от 100 до 140 мм. Кроме того,

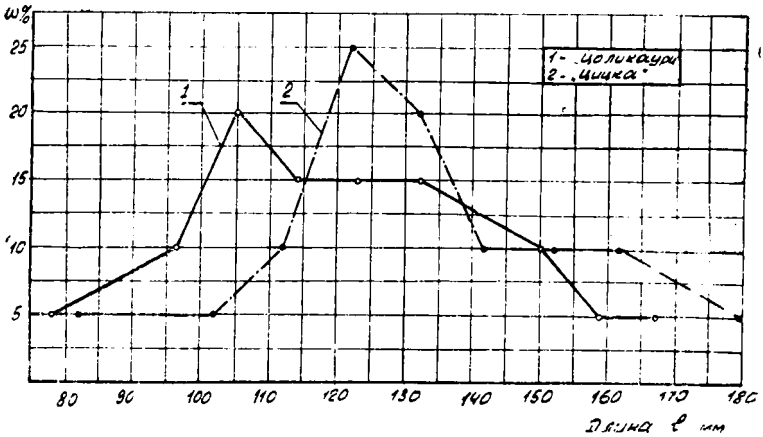

Рис. 10. Кривые размерной характеристики виноградных гроздей по длине.

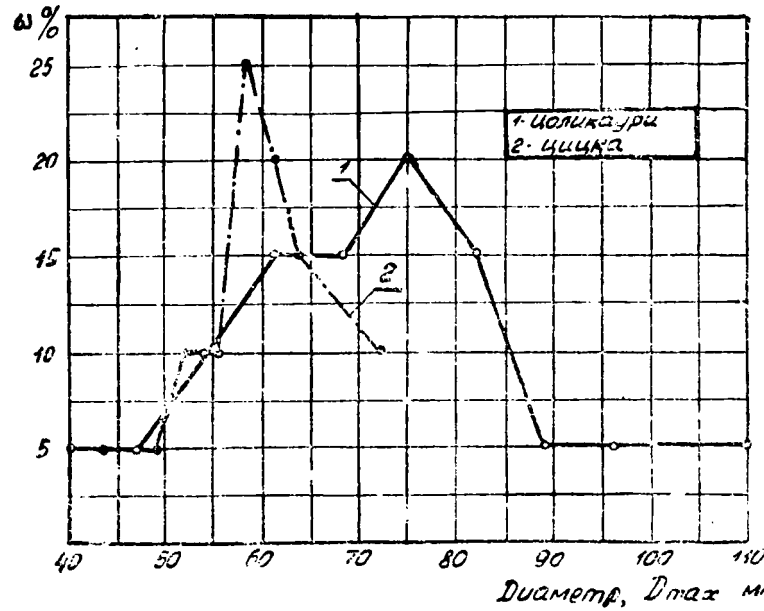

Рис. 11. Кривые размерной характеристики виноградных гроздей по диаметру.

Таблица 2

Размерная и весовая характеристика (длина l, диаметр D и вес q) виноградных гроздей

Сорт винограда Цоликаури	Длина	Интервалы $\Delta x=9$	78	87	96	105	114	123	132	141	150	159	167
		Численность m	1	0	2	4	3	3	3	0	2	1	1
		Частость w%	5	0	10	20	15	15	15	0	10	5	5
	Диаметр	Интервал $\Delta x=7$	40	47	54	61	68	75	82	89	96	103	110
		Численность m	1	1	2	3	3	4	3	1	1	0	1
		Частость w%	5	5	10	15	15	20	15	5	5	0	5
	Вес	Интервалы $\Delta x=16$	40	56	72	88	104	120	136	152	168	184	200
		Численность m	1	1	1	4	3	3	3	1	1	1	1
		Частость w%	5	5	5	20	15	15	15	5	5	5	5
Сорт винограда Цицка	Длина	Интервалы $\Delta x=10$	82	92	102	112	122	132	142	152	162	172	180
		Численность m	1	0	1	2	5	4	2	2	2	0	1
		Частость w%	5	0	5	10	25	20	10	10	10	0	5
	Диаметр	Интервалы $\Delta x=3$	43	46	49	52	55	58	61	64	67	70	73
		Численность m	1	0	1	2	2	5	4	3	0	0	2
		Частость w%	5	0	5	10	10	25	20	15	0	0	10
	Вес	Интервалы $\Delta x=17$	136	153	170	187	204	221	238	255	272	289	305
		Численность m	1	4	3	3	3	3	0	1	1	0	1
		Частость w%	5	20	15	15	15	15	0	5	5	0	5

максимальная частость для сорта Цоликаури при длине гроздей $l = 105$ мм составляет $w = 20\%$, а для сорта Цицка $w = 25\%$ при длине гроздей $l = 122$ мм.

Таким образом, наиболее часто встречаются гроздья средней длины.

На рис. 11 построены полигоны частостей в виде графиков распределения размеров (по диаметру D) виноградных гроздей. Рассматривая кривые 1,2, можно отметить, что максимальный диаметр гроздей для сорта Цоликаури равен 110 мм, а для сорта Цицка $D = 72$ мм. Наиболее редко ($w = 5\%$) встречаются гроздья с минимальным диаметром $D = 40$—50 мм для обоих сортов винограда и $D = 90$—110 мм для сорта Цоликаури. В основном наиболее часто встречаются гроздья среднего диаметра $D = 55$—85 мм.

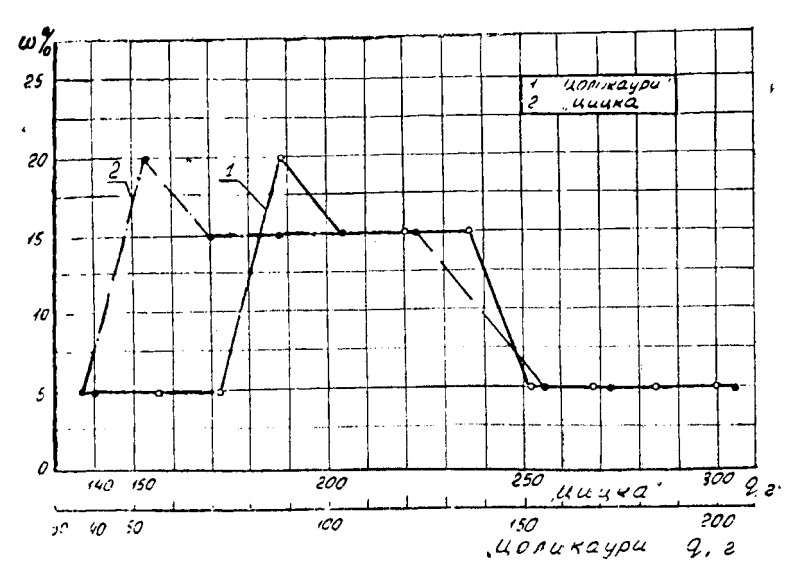

Рис. 12. Кривые весового состава гроздей в массе винограда.

На рис. 12 построены полигоны частостей, которые являются эмпирическими законами в виде графиков распределения веса гроздей. Из кривых 1,2 можно заметить, что вес гроздей сорта Цоликаури колеблется в

пределах $q = 35—200$ г, а гроздей сорта Цицка $q = 140—300$ г. Редко встречаются гроздья с минимальным и максимальным весом, а наиболее часто — гроздья со средним весом.

Таким образом, можно констатировать, что наиболее часто (максимальное значение $w\%$) встречаются гроздья средней длины, диаметра и веса. Именно эти значения должны быть учтены при расчетах соответствующего винодельческого оборудования.

§ 2. ИЗМЕНЕНИЕ ОБЪЕМНОЙ МАССЫ ВИНОГРАДА ОТ СТАТИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ

Наиболее важной характеристикой, определяющей в основном конструкцию бункеров и дозаторов, является объемная масса материала. Объемная масса определяет объем бункера и, следовательно, габариты аккумулирующих и дозирующих устройств.

Объемная масса винограда в основном зависит от формирования гроздей в определенном объеме, в частности от метода загрузки объема, дополнительной статической нагрузки и др.

Определение коэффициента статического уплотнения производилось в предварительно взвешенном сосуде. Исследуемые виноградные гроздья сыпались в сосуд до его заполнения, и затем сосуд взвешивался.

Объемную массу винограда определяем по формуле:

$$\gamma_0 = \frac{G - q}{V}, \qquad (2)$$

где G — масса сосуда с виноградом, кг;
V — объем сосуда, м³;
q — масса пустого сосуда, кг.

Каждый вариант опыта проводился с двадцатикратной повторностью в разных по высоте объемах:

$V_1 = 0{,}54$ м³ ($0{,}6 \times 0{,}6 \times 1{,}5$ м³); $V_2 = 0{,}36$ м³ ($0{,}6 \times 0{,}6 \times 1{,}0$ м³); $V_3 = 0{,}22$ м³ ($0{,}6 \times 0{,}6 \times 0{,}6$ м³); $V_4 = 0{,}072$ м³ ($0{,}6 \times 0{,}6 \times 0{,}2$ м³).

По полученным результатам определяли коэффициенты статического уплотнения:

$$K_у = \frac{\gamma_{\text{ст. уплот.}}}{\gamma_0}, \qquad (3)$$

где $\gamma_{\text{ст. уплот.}}$ — объемная масса уплотненного материала;

γ_0 — объемная масса неуплотненного материала.

Коэффициенты K_x устанавливались в зависимости от изменения объема сосуда $K_1 = \varphi(V)$, продолжительности вылеживания $K_2 = \varphi(t)$ и далее определяли общий коэффициент, учитывающий оба фактора $K_3 = \varphi(V, t)$.

Результаты опытов оправдали достоверность наших предположений относительно колебаний объемной массы веса винограда за счет уплотняющего действия собственного веса виноградных гроздей, зависящего от размеров сосуда.

В табл. 3 приведены данные колебаний объемного веса винограда. В скобках указаны их средние значения.

Анализируя результаты опытов зависимости объемной массы от емкости сосуда, видим, что изменение объема сосуда в пределах $V = 0{,}072—0{,}54$ м³ существенно влияет на объемную массу винограда. Так например, для сорта Цоликаури разница объемной массы составляет $\Delta\gamma_0 = 109$ кг/м³, для сорта Цицка $\Delta\gamma_0 = 101$ кг/м³, а для смешанного винограда (Цоликаури — Цицка 50х50%) $\Delta\gamma_0 = 101$ кг/м³.

Аналогичная картина наблюдается после вылеживания винограда в пределах объема сосуда $V = 0{,}072—0{,}54$.

Для сорта Цоликаури разница в объемной массе составляет $\Delta\gamma_0 = 75$ кг/м³, для сорта Цицка $\Delta\gamma_0 = 79$ кг/м³ и для смешанного винограда $\Delta\gamma_0 = 82$ кг/м³.

Данные табл. 3 свидетельствуют о том, что объем-

ная масса зависит также от продолжительности вылеживания, в частности в пределах объема сосуда $V=0{,}72—0{,}54$ м³ разница объемной массы до и после слеживания колеблется: для сорта Цоликаури $\Delta\gamma_0=74—40$ кг/м³, для сорта Цицка $\Delta\gamma_0=74—52$ кг/м³, для смешанного винограда $\Delta\gamma_0=69—60$ кг/м³. Во всех случаях максимальная разность объемной массы получается при минимальном объеме, а минимальная разность при максимальном объеме.

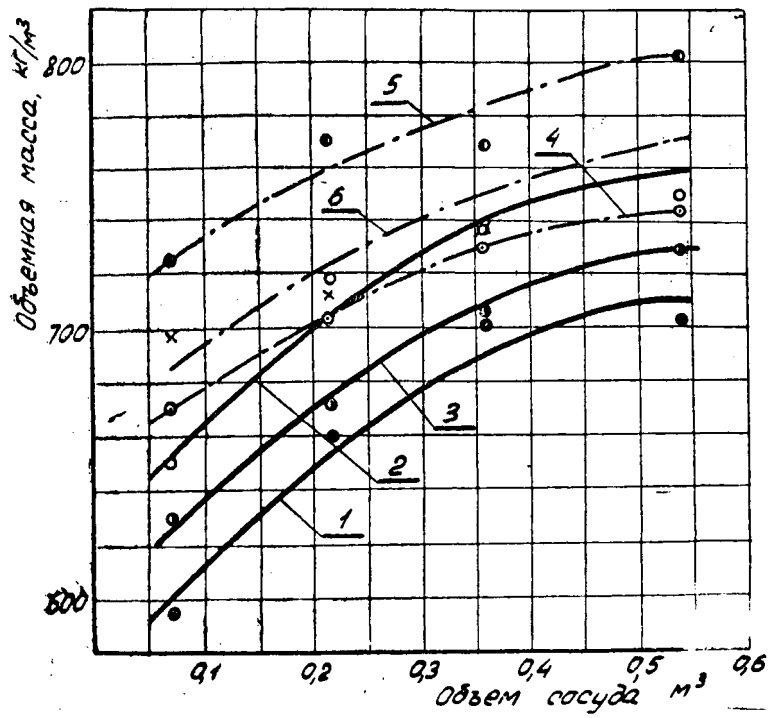

Рис. 13. Кривые зависимости объемной массы винограда от размеров (объема) сосуда. До слеживания: 1 — Цоликаури; 2 — Цицка; 3 — смешанный Цоликаури — Цицка — 50x50%. После слеживания: 4 — Цоликаури; 5 — Цицка; 6 — смешанный Цоликаури — Цицка — 50x50%.

По данным таблицы 3 построены кривые зависимости $\gamma_0=\varphi(V)$ и $\gamma_0=\varphi(t)$ (рис. 13). Как показывают

Таблица 3

Пределы колебаний объемной массы винограда

Характеристика винограда	Объемная масса γ_0, кг м³ Объем сосуда V, м³				Уплотнение, % $\frac{\gamma_{max} - \gamma_{min}}{\gamma_{min}} \cdot 100$
	0,072	0,216	0,360	0,540	
Цоликаури Сахаристость 19,6% Температура 19,2°	583—619 (595)	625—685 (661)	672—725 (702)	698—707 (704)	18,3
Цицка Сахаристость 17,3% Температура 19°	611—681 (650)	699—736 (718)	722—747 (736)	746—757 (751)	15,5
Цоликаури — Цицка (50x50%) Сахаристость 20,6% Температура 17,6°	620—650 (630)	657—717 (673)	703—717 (707)	728—735 (731)	16,0
После слеживания t = 5 часов					
Цоликаури Сахаристость 18—20% Температура 19,5°	636—708 (669)	670—719 (702)	699—754 (730)	739—749 (744)	11,2
Цицка Сахаристость 19% Температура 19°	687—766 (724)	751—791 (771)	754—782 (769)	798—811 (803)	10,9
Цоликаури — Цицка (50x50%) Сахаристость 19,5% Температура 20°	672—718 (699)	696—759 (713)	730—748 (738)	776—784 (781)	11,7

кривые зависимости $\gamma_0 = \varphi(V)$, наибольшей объемной массой характеризуется сорт винограда Цицка, а минимальной — сорт винограда Цоликаури. Значение объемной массы смешанного винограда колеблется между ними, что находится в прямом соответствии со строением виноградных гроздей, так как гранулометрический и весовой состав гроздей сорта Цицка превосходит таковой сорта винограда Цоликаури. После слеживания винограда кривые $\gamma_0 = \varphi(t)$ свидетельствуют об увеличении объемной массы в зависимости от времени. В этом случае наблюдается аналогичная картина с кривыми $\gamma_0 = \varphi(V)$ в соответствии с сортами винограда. Следует однако отметить, что указанная зависимость наиболее отчетливо наблюдается в пределах объема примерно $V = 0{,}07—0{,}40$ м³. Дальнейшее уплотнение за счет собственного веса протекает сравнительно незначительно.

В табл. 4 приведены коэффициенты статического уплотнения винограда K_1; K_2; K_3

Коэффициент уплотнения K_1 определяли как отношение объемной массы материала в сосуде $V = 0{,}54$ м³ к объемной массе материала в сосуде $V = 0{,}072$ м³. Он показывает степень уплотнения винограда под влиянием собственного веса и для отмеченных сортов колеблется от 1,155 до 1,179 (с максимумом для сорта винограда Цоликаури). Таким образом, очевидно, что коэффициент статического уплотнения находится в прямой зависимости от строения виноградных гроздей. Ягоды винограда сорта Цоликаури на гребнях расположены на некотором расстоянии друг от друга (редкие гроздья), а гроздья сорта Цицка плотные, поэтому при формировании объема гроздей сорта Цоликаури в сосуде под действием статической нагрузки пути перемещения ягод гроздей в свободных промежутках больше, чем у сорта Цицка, и это обуславливает возрастание коэффициента уплотнения.

Следует отметить, что продолжительность вылеживания винограда в этих опытах была незначительной, примерно 5—30 секунд.

Коэффициент уплотнения K_2 определяли как отношение объемной массы винограда в сосуде с объе-

мом $V=0{,}54$ м³ после вылеживания, к объемной массе материала того же объема до вылеживания.

Таблица 4

Коэффициенты статического уплотнения

Сорт винограда	Коэффициенты уплотнения		
	K_1	K_2	K_3
Цоликаури	1,179	1,056	1,267
Цицка	1,155	1,069	1,235
Цоликаури — Цицка (50×50%)	1,160	1,068	1,239

Из таблицы следует, что коэффициент K_2 для всех сортов винограда не превосходит коэффициент K_1.

Общий коэффициент уплотнения K_3 определяли как отношение объемной массы винограда при объеме сосуда $V=0{,}54$ м³ после вылеживания к объемной массе при объеме сосуда $V=0{,}072$ м³ до вылеживания.

§ 3. ВЕРТИКАЛЬНАЯ СВОБОДНО СТОЯЩАЯ СТЕНКА ВИНОГРАДА

Определение высоты вертикальной свободно стоящей стенки винограда производилось на опытной установке (рис. 14). Одна из стенок бункера закреплялась шарнирно и удерживалась в вертикальном положении специальными гайками.

Виноград засыпался в бункер до определенной высоты, после чего поверхность разравнивалась скребком. Далее отвинчивались гайки, и стенка медленно отклонялась в горизонтальное положение.

Если виноград, находящийся в бункере, оставался

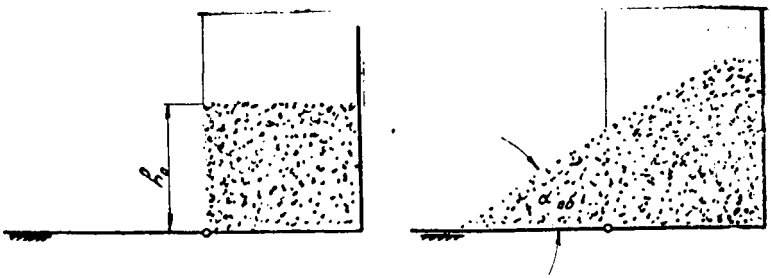

Рис. 14. Схема опыта по определению вертикальной свободно стоящей стенки.

неподвижным и обрушение его отвесной грани не происходило, то опыт повторялся с увеличением высоты винограда. Это повторялось до тех пор, пока не достигалась определенная высота h_0, с увеличением которой вертикальная стенка винограда начинала обрушаться.

В табл. 5 приведены экспериментальные данные по определению вертикальной свободно стоящей стенки винограда (в скобках указаны средние значения).

Таблица 5

Данные вертикальной свободно стоящей стенки винограда

Характеристика винограда	Значение вертикальной свободно стоящей стенки h_0, мм
Цоликаури Сахаристость 19,8% Температура t=18°	345—375 (362)
Пицка Сахаристость 20,1% Температура t=19°	310—350 (322)
Цоликаури — Пицка (50×50%) Сахаристость 21% Температура t=20°	320—360 (340)

Для наглядности на рис. 15 приведена диаграмма высоты вертикальной свободно стоящей стенки винограда. Максимальной высотой этой стенки характеризуется сорт Цоликаури ($h_0 = 362$ мм), а минимальной — сорт Цицка ($h_0 = 322$ мм); значение высоты вертикальной свободно стоящей стенки смешанного винограда ($h_0 = 340$ мм) находится между ними.

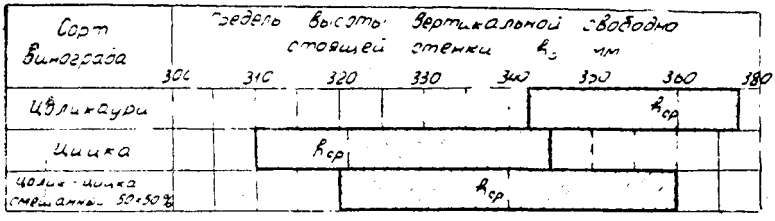

Рис. 15. Диаграмма пределов высоты вертикальной свободно стоящей стенки винограда.

Анализ полученных данных свидетельствует, что высота вертикальной свободно стоящей стенки винограда зависит от строения и формы виноградных гроздей.

При формировании в объеме гроздья сорта Цоликаури больше переплетаются между собой, в результате масса получается более связной. Таким образом, с увеличением связности виноградной массы и степени переплетения гроздей увеличивается и высота вертикальной свободно стоящей стенки.

§ 4. УГОЛ ОБРУШЕНИЯ ВИНОГРАДА

Определение угла обрушения винограда производилось на той же установке (рис. 14). Бункер до определенной высоты засыпался виноградом, а затем удерживающей стенке придавалось горизонтальное положение. Если виноград не обрушивался, то стенку бункера возвращали в исходное, т. е. вертикальное положение, и в бункер добавляли виноград. Это повторялось до тех пор, пока при открытии подвижной стенки бункера не

происходило обрушение винограда. После этого углóмером измеряли угол обрушения $\alpha_{об}$.

Сводные результаты экспериментальных исследований приведены в табл. 6.

Таблица 6

Значение углов обрушения винограда

Угол обрушения винограда	Сорт винограда		
	Цоликаури	Цицка	Цоликаури—Цицка (50×50%)
Пределы $\alpha_{об}$	50°—58°	45°—53°	48°—56°
Среднее арифметическое	54°	49°	52°

На рис. 16 показана диаграмма пределов колебания углов обрушения винограда.

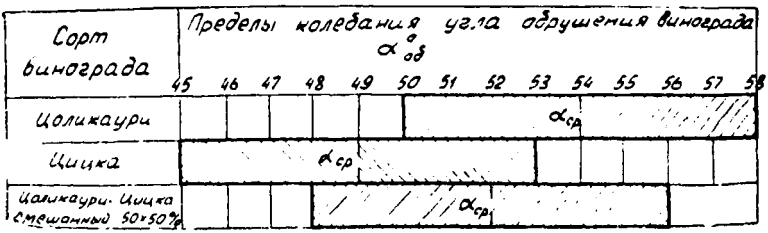

Рис. 16. Диаграмма пределов углов обрушения винограда.

Наибольшим углом обрушения характеризуется более связный сорт винограда Цоликаури ($\alpha_{об}=54°$) а минимальным — менее связный сорт Цицка ($\alpha_{об}=49°$). Значение угла обрушения смешанного винограда ($\alpha_{об}=52°$) находится между ними. Таким образом, угол обрушения винограда зависит от связности виноградной массы, т. е. с увеличением связности угол обрушения увеличивается.

§ 5. КОЭФФИЦИЕНТЫ ВНЕШНЕГО СТАТИЧЕСКОГО ТРЕНИЯ

При перемещении частиц по наклонной поверхности, она оказывает сопротивление их движению; сопротивление для различных частиц неодинаково и зависит от состояния их поверхности.

Для определения коэффициентов трения винограда нами был изготовлен прибор, который состоит из двух элементов, соединенных шарнирно. Изменение угла фиксировалось угломером.

На наклонной поверхности укреплялись испытываемые материалы*. После этого на поверхность укладывались виноградные гроздья (поверхность прибора при этом занимала горизонтальное положение). Далее поверхность медленно поворачивалась вокруг шарнира. В момент, когда виноград начинал скользить по наклонной поверхности, измерялся соответствующий угол φ.

Тангенс угла φ, образуемый наклоном плоскости к горизонту, равен коэффициенту трения:

$$f = tg\ \varphi, \tag{4}$$

где φ — угол трения.

Для всех испытываемых материалов определялась чистота поверхности величиной микронеровности R_z (ГОСТ 2789—59) на приборе профилометр — профилограф блочной конструкции (модель 201 завода «Калибр»). Значение коэффициентов (углов) внешнего трения винограда о различные материалы** приведены в табл. 7.

Из таблицы следует, что коэффициент внешнего трения отмеченных сортов винограда для различных материалов (бронза, коррозионностойкая сталь и др.) колеблется в пределах $f = 0{,}324$—$0{,}600$ (угол трения $\varphi = 18°$—$31°$). Влияние сорта винограда на угол

---

* При проведении экспериментов были исследованы наиболее распространенные в винодельческой промышленности материалы: бронза, сталь листовая, коррозионностойкая сталь, фанера клееная; дюралюминий, органическое стекло (все материалы без полировки).

** Для всех исследуемых материалов величина микронеровности и чистота поверхности даны в табл. 7.

Таблица 7

Пределы и средние значения коэффициентов (углов) статического трения винограда о различные материалы

Материалы	Коэффициенты (углы) трения	Сорт винограда		
		Цоликаури Сахаристость 20% Температура 19,5°	Цицка Сахаристость 20% Температура 19,8°	Цоликаури—Цицка (50×50%°) Сахаристость 19,8% Температура 19°
Бронза	f	0,363—0,404 (0,383)	0,324—0,383 (0,363)	0,344—0,404 (0,363)
R_z=0,29; ▽11	φ	20°—22° (21°)	18°—21° (20°)	19°—22° (20°)
Коррозиенностойкая сталь	f	0,363—0,424 (0,404)	0,324—0,424 (0,363)	0,383—0,466 (0,424)
R_z=4; ▽7	φ	20°—23° (22°)	18°—23° (20°)	21°—25° (23°)
Сталь листовая	f	0,466—0,531 (0,487)	0,404—0,445 (0,424)	0,445—0,487 (0,466)
R_z=20; ▽5	φ	25°—28° (26°)	22°—24° (23°)	24°—26° (25°)
Фанера клеєная	f	0,577—0,624 (0,600)	0,531—0,600 (0,554)	0,532—0,554 (0,531)
R_z=132; ▽2	φ	30°—32° (31°)	28°—31° (29°)	28°—29° (28°)
Дюралюминий	f	0,363—0,424 (0,404)	0,344—0,424 (0,383)	0,404—0,445 (0,424)
R_z=4; ▽7	φ	20°—23° (22°)	19°—23° (21°)	22°—24° (23°)
Органическое стекло	f	0,363—0,404 (0,383)	0,324—0,383 (0,344)	0,324—0,363 (0,344)
R_z=0,19; ▽12	φ	20°—22° (21°)	18°—21° (19°)	18°—20° (19°)

трения незначительно в одинаковых условиях контакта с испытываемым материалом, разница показаний составляет $\Delta\varphi_{min}=1°$ (поверхность бронзы); $\Delta\varphi_{ср}=2°$ (поверхности — дюралюминий, органическое стекло); $\Delta\varphi_{max}=3°$ (поверхности — коррозионностойкая сталь, сталь листовая, фанера клееная).

При контакте сорта Цоликаури со всеми испытываемыми материалами получается максимальный коэффициент трения ($f=0{,}383$—$0{,}600$ $\varphi=21°$—$31°$).

Максимальные коэффициенты трения наблюдаются при контакте винограда с поверхностью из фанеры (для отмеченных сортов они меняются $f=0{,}531$—$0{,}600$, $\varphi=28°$—$31°$), а минимальные с поверхностью из органического стекла ($f=0{,}344$—0.383; $\varphi=19°$—$21°$).

Полученные данные находятся в полном соответствии с чистотой поверхности материала, т. е. с увеличением чистоты поверхности коэффициент трения винограда уменьшается.

§ 6. ИЗМЕНЕНИЕ УГЛА ЕСТЕСТВЕННОГО ОТКОСА ВИНОГРАДА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СТАТИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ

Известно, что разные сыпучие материалы под действием различных факторов (степень уплотнения, время нахождения в неподвижном состоянии и др.) подвергаются изменениям в значительно большей степени, чем твердые тела, а следовательно, в большей степени изменяются их механические свойства. Аналогичная картина наблюдается и для насыпного винограда. Поэтому при проектировании погрузочно-разгрузочных, транспортирующих и аккумулирующих устройств для винограда необходимо учитывать переменные значения его механических свойств, которые следует предусмотреть при проектировании соответствующих устройств.

В настоящей работе рассматриваются вопросы, связанные с изменением угла естественного откоса в зависимости от высоты слоя материала и некоторые корреляционные связи между вертикальной свободно стоящей стенкой и углом внутреннего трения винограда.

Угол естественного откоса материала является од-

ним из основных факторов, характеризующих сыпучесть материала. Подвижность материала тем больше, чемь меньше угол естественного откоса.

Известно, что для плохо сыпучих материалов угол естественного откоса не является постоянной величиной. Он зависит от высоты слоя материала: чем выше этот слой, тем меньше оказывается угол, образованный плоскостью откоса. Так как насыпная виноградная масса относится к более связным материалам, то интерес представляет определение угла естественного откоса в зависимости от статической нагрузки (собственного веса).

Угол естественного откоса определяли следующим образом. Полый цилиндр с внутренним диаметром $D=350$ мм и высотой $H=750$ мм, не имеющий дна, ставился на горизонтальную опорную поверхность. Виноградные гроздья насыпались в цилиндр, после чего поверхность осторожно выравнивалась скребком. Далее цилиндр медленно и плавно поднимался вручную посредством рукоятки, а высыпавшиеся виноградные гроздья располагались в виде конуса с наклоном к горизонту под углом естественного откоса α, который измерялся угломером (рис. 17).

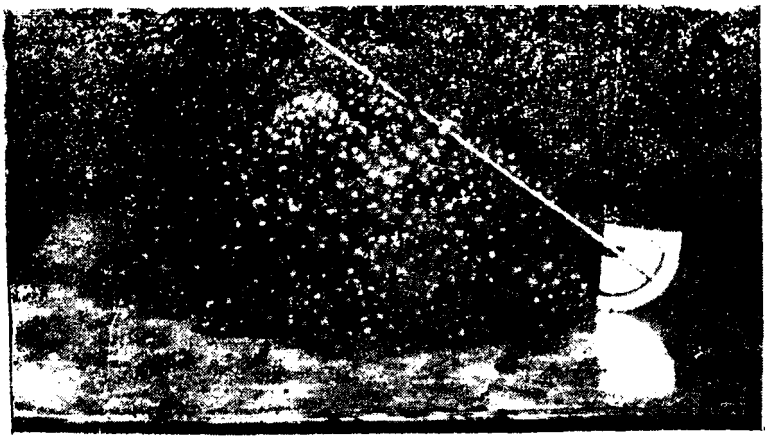

Рис. 17. Схема опыта по определению угла естественного откоса.

Каждый вариант опыта проводился с двадцатикратной повторностью в цилиндрах разной высоты: $h_1 = 250$ мм; $h_2 = 500$ мм; $h_3 = 750$ мм.

В таблице 8 приведены данные колебаний угла естественного откоса винограда. В скобках указаны их средние значения, по которым построены соответствующие кривые (рис. 18).

Таблица 8

Пределы колебаний угла естественного откоса винограда

Характеристика винограда	Высота винограда в сосуде в мм		
	$h_1 = 250$	$h_2 = 500$	$h_3 = 750$
	Угол естественного откоса $\alpha°$		
	α_1	α_2	α_3
Цоликаури Сахаристость 19,8% Температура t = 18°	40–51 (46)	29–36 (33)	19–24 (21)
Цицка Сахаристость 20,1% Температура t=19°	25–41 (35)	24—30 (27)	19—21 (20)
Цоликаури—Цицка (50x50%) Сахаристость 21% Температура t=20°	42—45 (43)	25—32 (28)	19—23 (21)

Анализируя кривые зависимости угла естественного откоса от высоты штабеля винограда H, можно отметить, что с увеличением высоты слоя значение угла откоса α резко уменьшается, и аппроксимирующие кривые носят прямолинейный характер.

Максимальным углом откоса в пределах высоты слоя материала $h_1 - h_3 = 250 - 750$ мм характеризуется сорт винограда Цоликаури ($\alpha = 21°—46°$), а минимальным — сорт винограда Цицка ($\alpha = 20°—35°$). Значение угла естественного откоса смешанного винограда колеблется между ними ($\alpha = 21°—43°$).

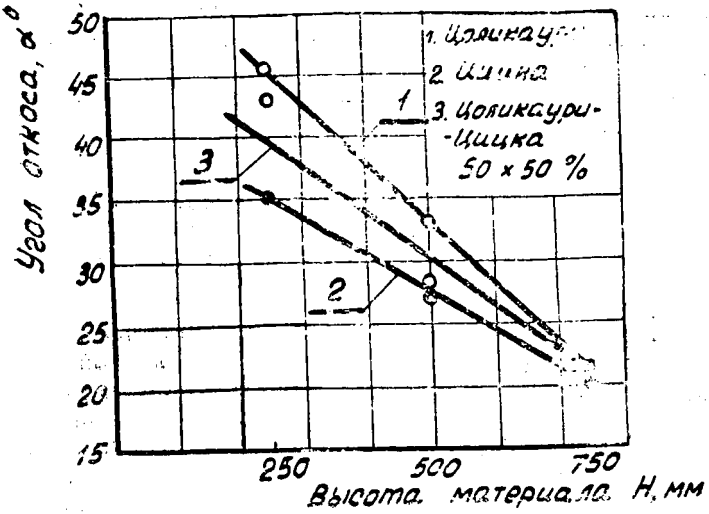

Рис. 18. Зависимость угла естественного откоса от высоты слоя винограда.

Таким образом, угол естественного откоса находится в прямой зависимости от строения виноградных гроздей. Так как ягоды винограда сорта Цоликаури на гребнях расположены на расстоянии друг от друга (редкие гроздья), а гроздья сорта Цицка плотные, то при формировании откоса гроздья сорта Цоликаури больше переплетаются между собой и масса получается более связной; соответственно значение угла естественного откоса получается максимальным.

Кроме того следует отметить, что угол естественного откоса винограда не является постоянной величиной, он зависит от высоты слоя. Чем выше этот слой, тем меньшим оказывается угол, образуемый плоскостью откоса с горизонталью. Это можно объяснить тем, что виноградная масса является связным материалом, так как гроздья переплетены между собой. При малой высоте слоя материала силы сдвига, вызванные собственным весом, меньше, чем силы сцепления и трения между гроздьями, вследствие чего угол откоса получается большей величины. При увеличении высоты слоя материала силы сдвига, вызванные собственным весом, уве-

личиваются, превосходят силы сцепления и трения между гроздьями. В результате этого резко уменьшается угол естественного откоса винограда.

Из рис. 18 следует, что свыше высоты слоя материала $H > 900$ мм $\alpha \cong 15°$.

§ 7. КОРРЕЛЯЦИОННЫЕ СВЯЗИ МЕЖДУ УГЛОМ ЕСТЕСТВЕННОГО ОТКОСА, ВЫСОТОЙ ВЕРТИКАЛЬНОЙ СВОБОДНО СТОЯЩЕЙ СТЕНКИ И УГЛОМ ВНУТРЕННЕГО ТРЕНИЯ

В качестве характеристики корреляционных связей между углом естественного откоса α, высотой вертикальной свободно стоящей стенки h_0 и углом внутреннего трения φ_0 виноградных гроздей приводим графическое изображение (рис. 19). На рисунке представлен способ графического построения угла внутреннего трения φ_0 для связных насыпных материалов. В любой точке a плоскости I—I проводится вертикальный отрезок ac, равный в масштабе высоте вертикальной свободно стоящей стенки h_0. Затем из точки проводится прямая ad под углом естественного откоса α к горизонту. Для определения угла внутреннего трения при заданной высоте штабеля H наносят горизонтальную линию на расстоянии H от плоскости I—I и соединяют точку ее пересечения с линией ad (точка e) с точкой c. Линия ce с плоскостью II—II создает угол внутреннего трения φ_0.

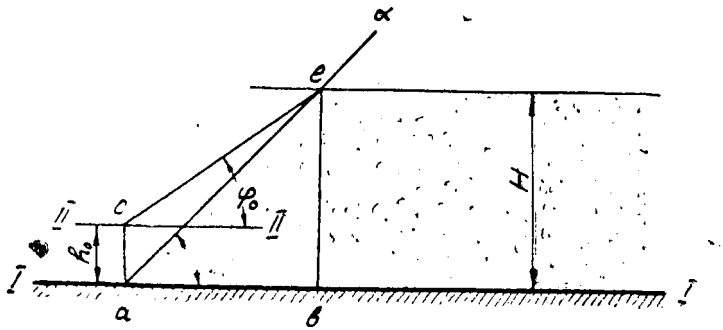

Рис. 19. Построение угла внутреннего трения винограда.

Из рис. 19 можно вывести, что

$$H = ab\ tg\ \alpha = h_0 + ab\ tg\ \varphi_0. \qquad (5)$$

Исключая из этого уравнения величину ab и решая ее относительно $tg\varphi_0$, получим:

$$tg\ \varphi_0 = tg\ \alpha\ \frac{H - h_0}{H}. \qquad (6)$$

Уравнение действительно для $H \geqslant h_0$ и при всех значениях $H < h_0$ угол $\alpha = 90°$.

Вставляя в уравнение (6) соответствующие данные вертикальной свободно стоящей стенки h_0 (табл. 5) для нескольких значений высоты H, получаем соответствующие значения углов внутреннего трения винограда (табл. 9).

Так как на первичных винзаводах предусматриваются приемные бункера для винограда максимальной высоты $H = 2{,}5$ м, интерес представляет зависимость угла внутреннего трения при различных значениях высоты штабеля, в частности $H_1 = 0{,}75$ м; $H_2 = 1{,}5$ м, $H_3 = 2{,}5$ м.

Таблица 9

Коэффициенты (углы) внутреннего трения винограда в пределах высоты штабеля $H_1 \div H_3 = 0{,}75 - 2{,}5$ м

Сорт винограда	Коэффициент (угол) внутреннего трения		
	$H_1 = 0{,}75$ м	$H_2 = 1{,}5$ м	$H_3 = 2{,}5$ м
Цоликаури	0,1985 (11°14′)	0,2038 (11°31′)	0,2282 (12°51′)
Цицка	0,2080 (11°45′)	0,2110 (11°55′)	0,2338 (13°09′)
Цоликаури — Цицка (50x50%)	0,209 (11°22′)	0,2065 (11°38′)	0,2314 (13°02′)

Анализируя зависимость угла внутреннего трения от высоты слоя винограда H, можно констатировать, что с увеличением высоты слоя материала значение угла внутреннего трения увеличивается для сорта винограда Цоликаури от 11,14′ до 12,51′ ($\triangle \varphi_0 = 1°37$); для сорта Цицка от 11°45′ до 13°09′ ($\triangle \varphi_0 = 1°24$), для смешанного винограда от 11°22′ до 13°02′ $\triangle \varphi_0 = 1°40$).

Из вышесказанного следует, что угол внутреннего трения винограда не является постоянной величиной, он зависит от высоты слоя винограда. Чем выше слой, тем больше оказывается угол внутреннего трения, а для угла естественного откоса наоборот: с увеличением высоты слоя материала угол постепенно уменьшается.

Известно, что когда сыпучий материал уподоблен идеально сыпучей среде, тогда угол внутреннего трения приравнивается к углу естественного откоса. Для связных материалов, как например виноград, угол естественного откоса всегда больше, чем угол внутреннего трения.

ГЛАВА ТРЕТЬЯ

ИЗУЧЕНИЕ ПРОЦЕССА ИСТЕЧЕНИЯ ВИНОГРАДА ИЗ БУНКЕРОВ

§ 1. УСТАНОВЛЕНИЕ ФОРМЫ БУНКЕРОВ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ИСТЕЧЕНИЯ

В настоящее время на предприятиях пищевой промышленности для хранения сыпучих материалов в основном применяются бункера с сечением круглой, квадратной и прямоугольной формы. Если цилиндрические бункера располагаются вплотную в два или несколько рядов, то между цилиндрами (рис. 20 а) образуются полости. Цилиндрические расставленные бункера (рис 20 б) применяются в тех случаях, когда для хранения сыпучих материалов используется и пространство между бункерами. При прямоугольном и квадратном сечении бункера располагаются вплотную (рис. 20 а).

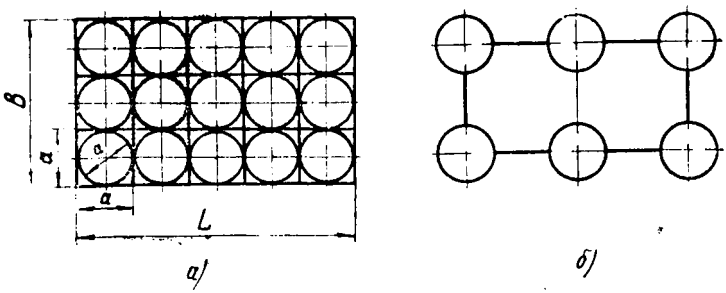

Рис. 20. Форма бункеров с различным расположением.

Очертание всего бункерного хозяйства будет прямоугольным. Если в производственной площади $F=L\cdot B$ расположено n количество бункеров, то полезная площадь, занятая бункерами квадратного сечения, будет равна:

$$F_1 = na^2, \tag{7}$$

а для бункеров круглого сечения

$$F_2 = n\frac{\pi a^2}{4} = 0{,}78\ na^2. \tag{8}$$

Таким образом, когда бункера располагаются в помещении, а предприятие ограничено в площади, более целесообразно использовать бункера прямоугольного сечения, так как общая полезная площадь увеличивается на 22%. На основании этого нами были подобраны и изготовлены экспериментальные бункера прямоугольной формы с плоскими и щелевыми днищами.

§ 2. ИСТЕЧЕНИЕ ВИНОГРАДА ИЗ БУНКЕРОВ С ПЛОСКИМИ ДНИЩАМИ

Экспериментальная установка и методика проведения опытов. Для установления выходных отверстий истечения и изучения процесса сводообразования винограда нами была использована бункерная установка с плоским днищем кафедры «Оборудования предприятий пищевой промышленности» ГПИ им. В. И. Ленина.

Экспериментальная установка представляет собой бункер прямоугольной формы (габариты 800x800x1000 мм). Одна из стенок бункера для визуального наблюдения изготовлена из органического стекла, а остальные из листового дюралюминия. Бункер закреплен на металлической станине.

Конструкция дна бункера решена следующим образом (рис. 21): на дне бункера размером a_8 смонтированы семь откидных пластин с соответствующими квадратными отверстиями истечения a_7, a_6, a_5, a_4, a_3, a_2, a_1. Отверстие последней пластины закрывается заслонкой. Одним концом пластины соединены между собой шарнирно, а вторым опираются на замки; они при помощи втулок посажены на вертикальную ось и снабжены рукоятками, вращением которых осуществляется последовательное открытие отверстий.

Определение сводообразующих квадратных отверстий производилось в следующем порядке. Бункер заполнялся доверху виноградом, а затем рукояткой открывалась заслонка и образовывалось отверстие a_1.

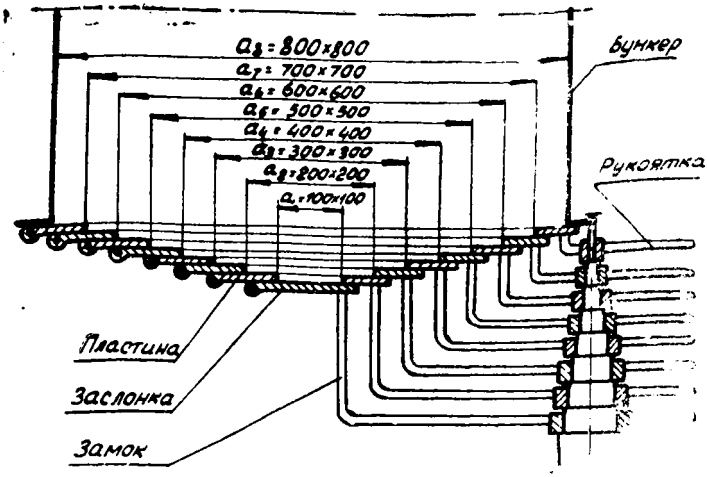

Рис. 21. Разрез дна бункера.

В том случае, если материал высыпался неполностью, линейкой измерялась высота сводов h_1, h_2 (рис. 22). Далее открывалась вторая щель a_2. Если и в этом случае материал не высыпался полностью, то замерялась высота сводов h_1, h_2 для второго a_2 отверстия и т. д., до тех пор, пока не создавались условия

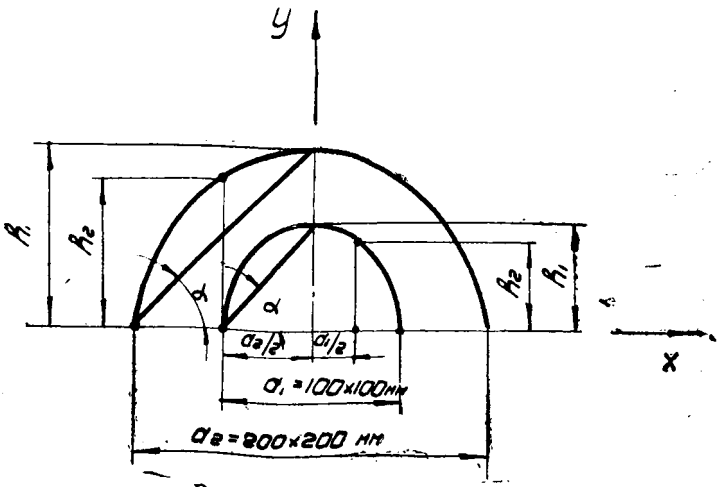

Рис. 22. Профиль свода.

для беспрепятственного истечения винограда, т. е. не определялся искомый размер отверстия.

Размер максимального сводообразующего квадратного отверстия a_n лежит в пределах $a_{(n-1)} < a_n < a_{(n+1)}$, где a_{n+1} есть размер отверстия, при котором впервые происходит полное истечение винограда, а a_{n-1} предыдущий размер отверстия, при котором полное истечение не происходит.

Характеристика истечения винограда из бункеров с плоскими днищами. Результаты экспериментальных исследований колебаний высоты сводов винограда в зависимости от размеров выходных отверстий приведены в табл. 10 (в скобках указаны средние значения).

Таблица 10

Высота свода винограда

Размер выходного отверстия, мм	Сорт винограда					
	Цоликаури		Цицка		Цоликаури—Цицка (50x50%)	
	Высота свода, мм					
	h_1	h_2	h_1	h_2	h_1	h_2
a_1= =100x100	—	—	—	—	—	—
a_2= =200x200	50—62 (57)	20—35 (28)	40—65 (55)	15—31 (24)	49—60 (56)	25—30 (27)
a_3= =300x300	100—122 (107)	55—71 (62)	68—158 (106)	41—87 (63)	93—114 (104)	42—57 (54)
a_4= =400x400	132—165 (160)	70—128 (86)	120—284 (192)	71—153 (103)	103—243 (200)	85—148 (130)
a_5 =500x500	240—274 (252)	135—187 (153)	250—300 (280)	95—168 (156)	220—380 (300)	118—223 (190)
a_6= =600x600	300—432 (346)	168—261 (205)	332—451 (394)	129—273 (230)	360—420 (388)	172—280 (205)
a_7= =700x700	380—470 (440)	220—280 (256)	170—520 (500)	240—280 (264)	420—470 (456)	220—260 (244)

На основании табл. 10 строились профили сводов (рис. 23, 24, 25).

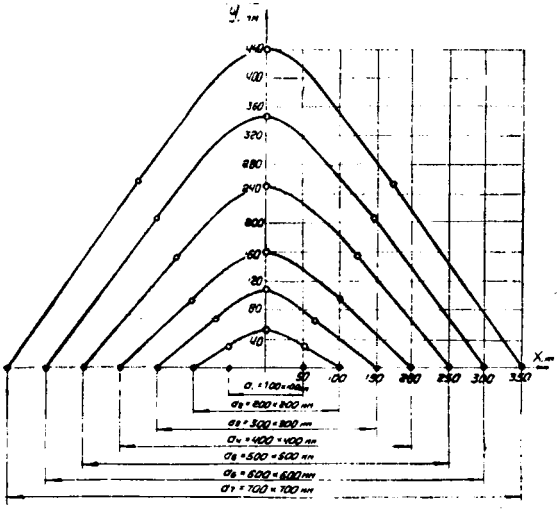

Рис. 23. Изображение профилей сводов для сорта винограда Цоликаури.

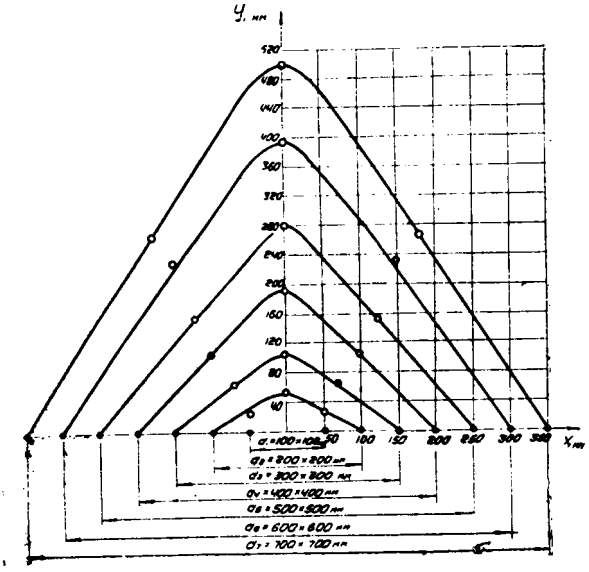

Рис. 24. Изображение профилей сводов для сорта винограда Цицка.

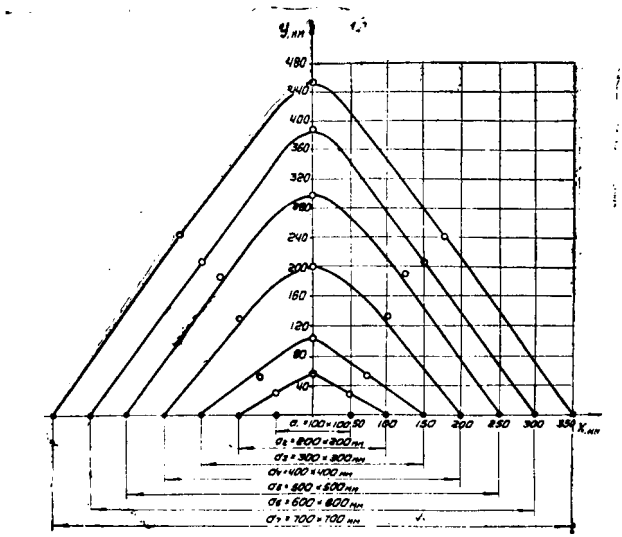

Рис. 25. Изображение профилей сводов для смешанного сорта винограда Цоликаури — Цицка (50х50%).

Характерным для исследуемых сортов винограда является то, что при любых размерах выходных отверстий (a_{1-7} = 100×100—700×700 мм) истечение материала не происходит. При дальнейшем увеличении выходного отверстия до размера, равного поперечному сечению бункера (a_8 = 800×800 мм), виноград не течет, а движется, как сплошное тело и мгновенно выпадает из бункера.

Из размера выходного отверстия a_1 = 100×100 мм гроздья не выпадают, это в основном можно обьяснить тем, что средние размеры виноградных гроздей по длине колеблются $l_{ср}$ = 100—140 мм, т. е. размерный показатель материала превосходит выходное отверстие.

Рассматривая профили сводов, можно отметить, что характер сводообразования для исследуемых сортов винограда почти одинаковый.

Анализируя профили сводов для всех сортов винограда, можно констатировать, что кривые носят параболический характер и выражаются формулой:

$$y = h - \frac{x^2}{k}, \qquad (9)$$

где y — ордината профиля свода;

h — высота свода. На основании рис. 22.

$$h = \frac{a}{2} tg\ \alpha,$$

где a — сводообразующее отверстие;

α — угол свода; значения углов свода для каждого сорта винограда приведены в табл. 11.

Вставляя значение h в формулу (9), получим эмпирическую зависимость для построения профиля сводов:

$$y = \frac{a}{2} tg\ \alpha - \frac{x_2}{k}, \qquad (10)$$

где k — коэффициент, значение которого для каждого сорта винограда приведено в табл. 11;

x — абсцисса профиля свода, изменяется она в пределах $-\frac{a}{2} \div + \frac{a}{2}$.

Таблица 11

Значение угла свода α и коэффициента k профиля свода для винограда (формула 10)

Размер выходного отверстия, мм	Сорт винограда								
	Цоликаури			Цицка			Цоликаури — Цицка (50x50%)		
	k	tg α	α	k	tg α	α	k	tg α	α
a_2=200x200	150	0.570	29°41′	150	0,55	28°49′	150	0,56	29°15′
a_3=300x300	190	0,712	35°27′	190	0,96	43°49′	190	0,69	34°43′
a_4=400x400	230	0,800	38°40′	190	0,96	43°49′	190	1.00	45°
a_5=500x500	235	1,008	45°14′	200	1,12	48°16′	200	1.20	50°12′
a_6=600x600	250	1,153	49°04′	215	1,31	52°45′	215	1.29	52°17′
a_7=700x700	260	1.255	51°27′	235	1,43	55°	235	1,30	52°26′

По данным табл. 10 построены кривые зависимости максимальной высоты сводов винограда от выходных отверстий (рис. 26).

Как показывают кривые, при прочих одинаковых условиях с увеличением размеров выходного отверстия высота свода увеличивается почти по прямолинейному закону. Значение максимальной высоты сводов в пределах выходного отверстия $a_2 - a_3 = 200 \times 200 - 300 \times \times 300$ мм для обоих сортов винограда почти одинаково.

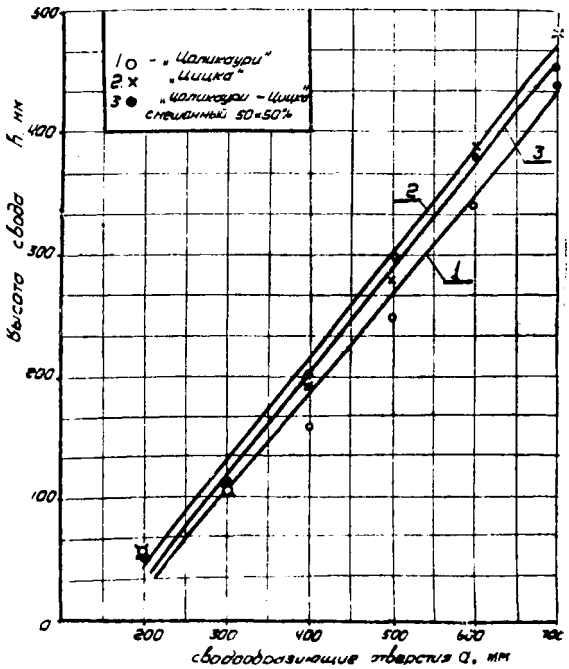

Рис. 26. Зависимость максимальной высоты сводов от размеров сводообразующих отверстий.

С дальнейшим увеличением выходного отверстия до размера $a_7 = 700 \times 700$ мм значение высоты свода винограда сорта Цицка превышает значение высоты свода сорта Цоликаури. А значение высоты свода

смешанного винограда Цоликаури — Цицка (50×50%) находится между отмеченными сортами. Это можно объяснить тем, что ягоды винограда сорта Цицка на гребнях расположены плотно (плотные гроздья), поэтому при формировании гроздей они не так переплетаются между собой и по сравнению с сортом Цоликаури являются более сыпучим материалом.

Полученные результаты опытов показали, что высота свода тем ниже, чем больше связность сыпучего материала, т. е. степень переплетения между ягодами. Следовательно, виноградная масса является плохосыпучим материалом, так как при всех значениях выходного отверстия $a_1 - a_7$ образовываются застойные зоны. Поэтому для выгрузки винограда из бункеров с плоскими днищами придется предусматривать специальные сводоразрушающие механизмы.

§ 3. ИСТЕЧЕНИЕ ВИНОГРАДА ИЗ БУНКЕРОВ С ЩЕЛЕВЫМИ ДНИЩАМИ

Практика и научные исследования показали, что качество готовой продукции в основном зависит не только от качества сырья, но и от методов его переработки, рационального использования техники и технологии.

В настоящее время в технологической линии переработки винограда одним из слабых звеньев является прием винограда на первичных винзаводах. Приемные щелевые бункера и соответствующие питающие приспособления не отвечают возросшим технологическим требованиям, они мало производительны, в них часто образуются застойные зоны и др. Поэтому важнейшее значение приобретают вопросы дальнейшего усовершенствования процессов приемки и дозировочной подачи винограда, создания конструктивно совершенных узлов оборудования приемных бункеров и дозаторов для винограда.

Выполнение этих задач требует наличия научных данных для инженерных расчетов бункеров, дозаторов, которые в винодельческой промышленности отсутствуют. Не изучены основные закономерности истечения из щелевых бункеров в зависимости от размеров щелевого отверстия, угла наклона стенок и др.

Экспериментальная установка и методика проведения опытов. Изучение процесса истечения винограда производилось нами на щелевом бункере прямоугольной формы (850×410×1100 мм; рис. 27), который был изготовлен на Зестафонском ремонтно-механическом заводе ГРПО «Самтреста». Для визуального наблюдения процесса истечения бункер был изготовлен из органического стекла. На передней стенке 1 нанесена размерная сетка для определения количественных характеристик истечения винограда. Две наклонные стенки 2 шарнирно соединяются с горизонтальными плитами 4, которые в свою очередь вставлены в направляющие 5. Для фиксирования угла наклона стенок 2 в заданном положении применены стойки 3. Конструкция дает возможность изменять угол наклона стенок 2 относительно горизонтали в пределах $\beta = 20°—80°$.

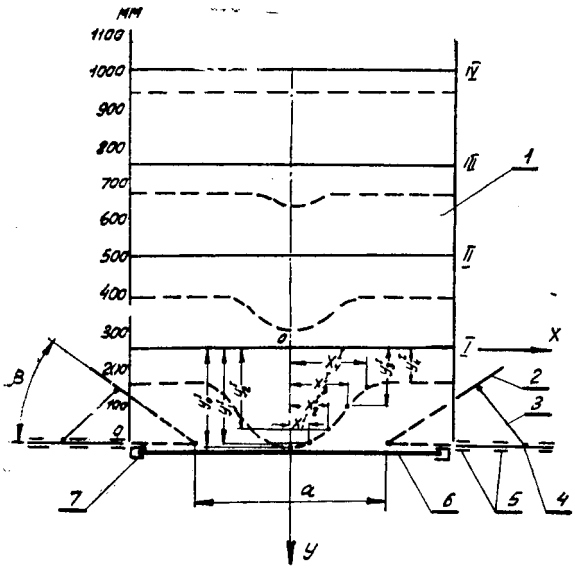

Рис. 27. Схема экспериментальной установки.

С изменением положения плит 4 в направляющих 5 регулируется требуемый размер выходного отверстия в пределах $a = 0—850$ мм.

В нижней части днища бункера вмонтирована заслонка 6, которая перемещается в направляющих 7.

Процесс истечения винограда изучался при разных значениях размеров выходного отверстия a, угла наклона стенок бункера β при постоянной высоте слоя материала H.

Определялась минимальная величина отверстия a, при которой происходило истечение материала. В бункере загружался исследуемый виноград с перерывами, необходимыми для размещения у передней стенки бункера слоя ягод черного сорта винограда, отличающегося цветом от основной массы исследуемого материала. Слои ягод были заранее установлены по горизонтальным сечениям бункера: I — 250 мм (от дна), II — 500 мм, III — 750 мм, IV — 1000 мм. После заполнения бункера открывалась заслонка на определенный промежуток времени t, и начинался процесс истечения. Далее заслонка закрывалась, и высыпавшийся материал взвешивался. Ширина объемов обрушения делилась на восемь участков (пример берем для I сечения, рис. 27). Таким образом, на оси абсцисс получали значения $x^{I}_1, x^{I}_2, x^{I}_3, x^{I}_4$ и определяли ординаты $y^{I}_0, y^{I}_1, y^{I}_2, y^{I}_3, y^{I}_4$, по которым находились точки перемещения частиц. На полученных точках строили кривые объемов обрушения. В такой последовательности строились кривые траекторий перемещения виноградных гроздей по всем горизонтальным сечениям бункера, при разных промежутках времени истечения t, до полного высыпания материала из бункера.

Закономерность истечения винограда из щелевых бункеров. Анализируя экспериментальные данные для отмеченных сортов винограда, можно отметить, что для сорта винограда Цицка максимальное сводообразующее щелевое отверстие $a = 470$ мм, а для сорта Цоликаури $a = 560$ мм. При превышении указанных пределов щелевого отверстия начинается истечение винограда. Это происходит опять-таки потому, что ягоды на гребнях сорта Цоликаури расположены на определенном расстоянии друг от друга, а гроздья сорта Цицка плотные, поэтому при формировании в бункере виноградные гроздья сорта Цоликаури сильно переплетаются между собой, в результате увеличиваются силы сцепления и возрастает ширина щелевого отверстия.

Процесс истечения изучался в зависимости от угла

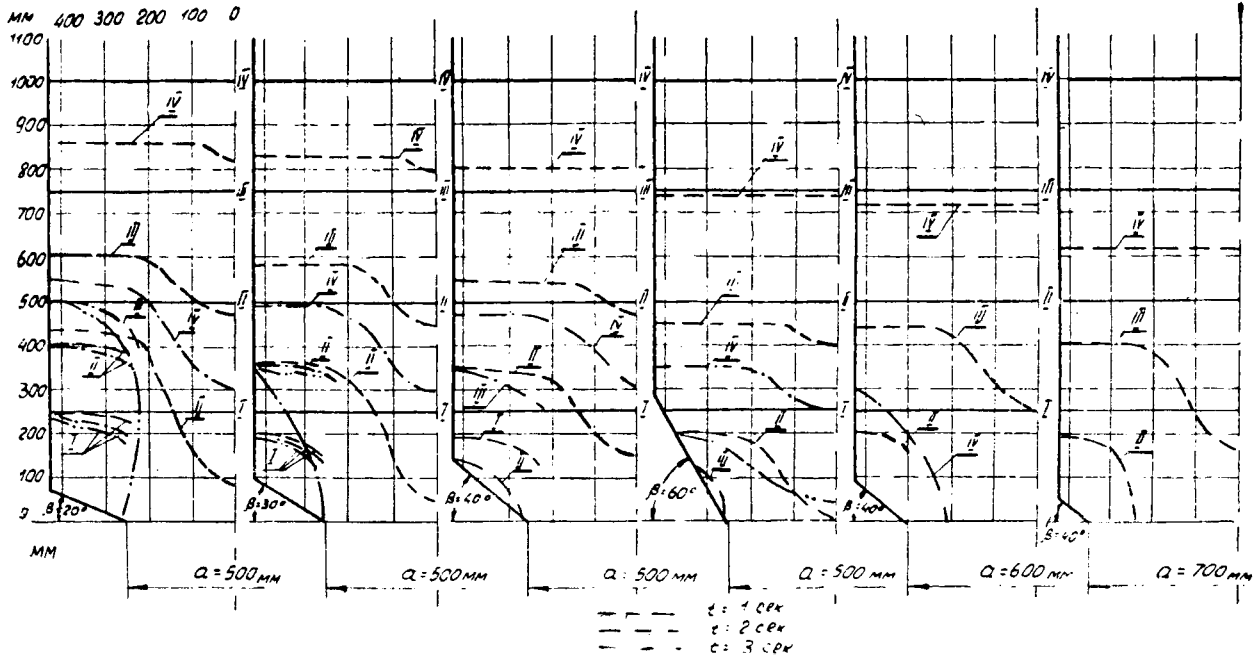

Рис. 28. Процесс истечения винограда сорта Цицка

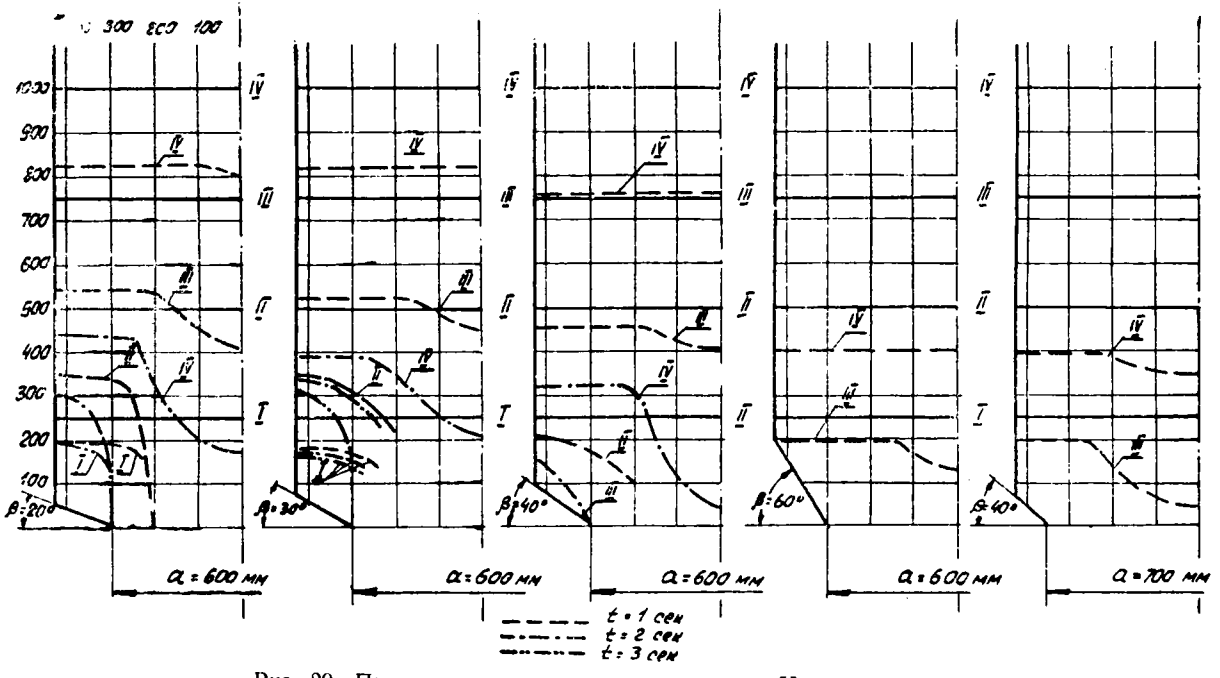

Рис. 29. Процесс истечения винограда сорта Цоликаури

наклона стенок бункера β относительно горизонтали при постоянной ширине щелевого отверстия a и наоборот. В частности, в первой серии опытов применялся угол $\beta = 20°$; 30°; 40°; 60° при $a = 500$ мм (для сорта Цицка) и $a = 600$ мм (для сорта Цоликаури). Во второй серии опытов $a = 500$; 600; 700; 750 мм (для сорта Цицка) и соответственно $a = 600$; 650; 700; 750 мм (для сорта Цоликаури) при постоянном $\beta = 40°$.

После открытия заслонки на передней стенке бункера отчетливо наблюдались прогибающиеся горизонтальные темные прослойки (сечения I, II, III, IV; рис. 28, 29), которые получались в результате неравномерного истечения виноградных гроздей. В первый момент истечения в движение приходят самые нижние гроздья винограда у плоскости отверстия, они отрываются от вышележащих слоев. Вслед за ними в освободившееся пространство обрушиваются следующие слои винограда. В результате в начальном периоде истечения над отверстием образуется контур обрушения горизонтального сечения I, замыкающийся в толще материала, который создает в бункере определенный объем, т. н. объем обрушения. В следующий период истечения в движение приходят грозди винограда, расположенные еще выше над отверстием. Так получается объем обрушения сечения II и затем объем обрушения выходит на свободную поверхность материала в бункере (сечение IV).

Если точки прогиба объемов обрушения по всем сечениям I—IV соединить линией, то получим в первом приближении кривую, приближающуюся к параболе.

Аналогичная картина наблюдается во всех плоскостях, параллельных плоскости XOY (рис. 30), в результате чего получается объемная фигура, имеющая форму параболического цилиндра.

В пространстве этой фигуры все частицы виноградных гроздей находятся в движении, в основном в вертикальной плоскости, что обусловлено действием собственного веса виноградных гроздей и давлением вышележащего материала. В объемах обрушения слои материала опускаются с различными скоростями.

Если эти слои рассмотреть по горизонтальным плоскостям бункера, параллельным XOZ, то очевидно, что в одной и той же вертикальной плоскости, параллельной

осевой YOZ рассмотренной фигуры у свободной поверхности винограда гроздья имеют минимальную скорость, а при постепенном переходе в нижние слои скорость частиц нарастает и своего максимального значения достигает в плоскости выходного отверстия.

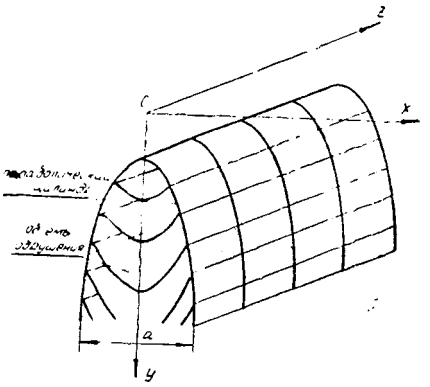

Рис. 30. Параболический цилиндр и объем обрушения.

Если же рассмотреть скорости перемещения гроздей по вертикальным плоскостям бункера в одной и той же горизонтальной плоскости, параллельной XOZ, то можно отметить, что наибольшей скоростью перемещения гроздья обладают в осевой плоскости YOZ параболического цилиндра. Эта скорость в других вертикальных плоскостях, параллельных осевой и смещенных от оси Y, постепенно уменьшается и становится тем меньше, чем дальше вертикальная плоскость отстоит от оси Y.

Минимальное значение скорость истечения приобретает в точках, лежащих на параболическом цилиндре.

Таким образом, отдельные слои материала при опускании с различными скоростями подвержены непрерывным сдвигам и взаимным смещениям частиц.

За пределами объема обрушения расположена виноградная масса (рис. 28, 29), которая очень медленно опускается вниз, создавая как бы неподвижно лежащий слой.

С начала истечения высота (и объем) параболи-

ческого цилиндра непрерывно возрастает, а после достижения вершины свободной поверхности материала параболический цилиндр становится усеченным сверху, высота которого непрерывно уменьшается, причем зона обрушения со свободной поверхности материала постепенно увеличивается. По мере истечения происходит увеличение объема обрушения. Гроздья винограда из боковых неподвижных зон постепенно смещаются и попадают в объем параболического цилиндра.

Далее в процессе истечения объем обрушения постепенно развивается, не теряя свою форму, ветви параболы которой по мере истечения наклоняются под углом, соответствующим углу обрушения, приближаясь к некоторой предельной форме. После этого рост объема почти прекращается.

Из полученных экспериментальных данных следует, что сорта винограда Цицка и Цоликаури полностью высыпаются в пределах угла наклона стенок бункера $\beta = 40°-60°$, а при $\beta = 20°-30°$ на наклонных стенках остается «мертвая» зона винограда, высота которой почти приравнивается к вертикальной свободно стоящей стенке.

Истечение винограда по зонам, в зависимости от угла наклона стенок и ширины выходного отверстия бункера. Для более точного анализа процесса истечения винограда из бункеров щелевого типа сочли целесообразным показать начальный период картины истечения ($t = 1$ сек.) винограда сорта Цицка* в зависимости от угла наклона стенок (рис. 31) и выходного отверстия бункера (рис. 32). Характеризуя процесс истечения, можно отметить, что в начальном периоде в толще винограда во всех случаях четко выражаются линии деформации, границы которых ясно выделяют следующие зоны:

Первая зона А — зона массового истечения винограда, ограниченная параболическим цилиндром.

Вторая зона В — «мертвая» зона. Масса материала, занимающая объем между параболическим цилиндром, вертикальными и наклонными стенками бункера, огра-

---

* Характер истечения сорта винограда Цоликаури почти аналогичен сорту Цицка, поэтому полученные данные и зависимости можно распространить и на сорт Цоликаури.

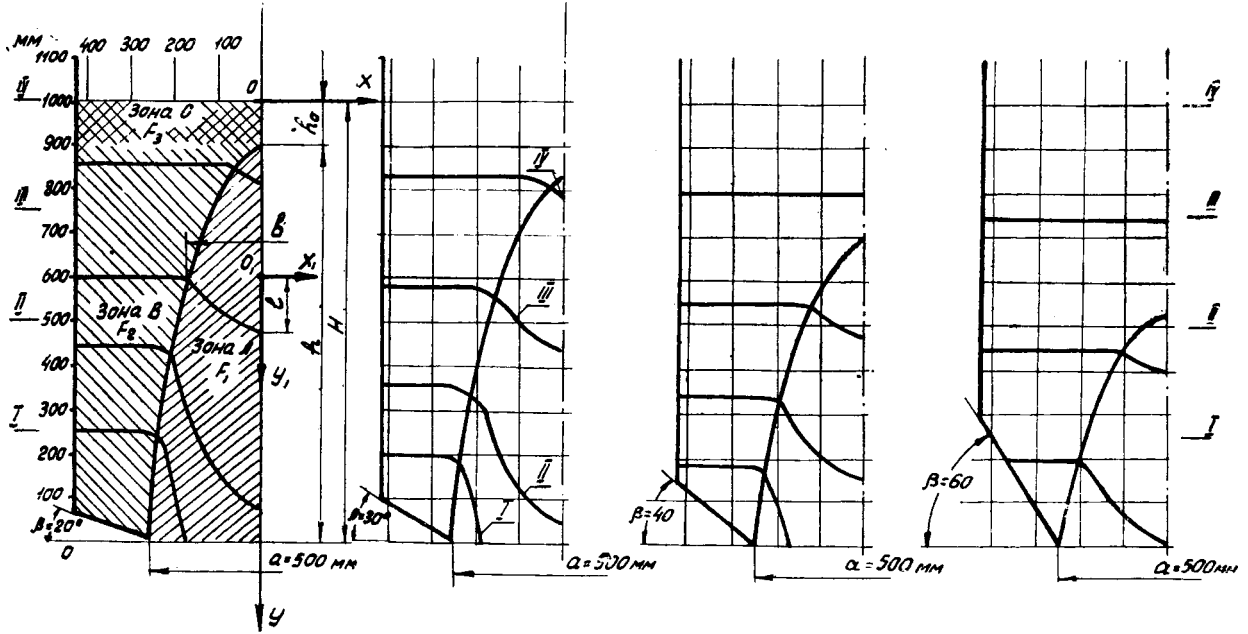

Рис. 31. Зоны (A, B, C) истечения при t=1 сек. для винограда сорта Цицка: β = 20°—60°; a = 500 мм = const.

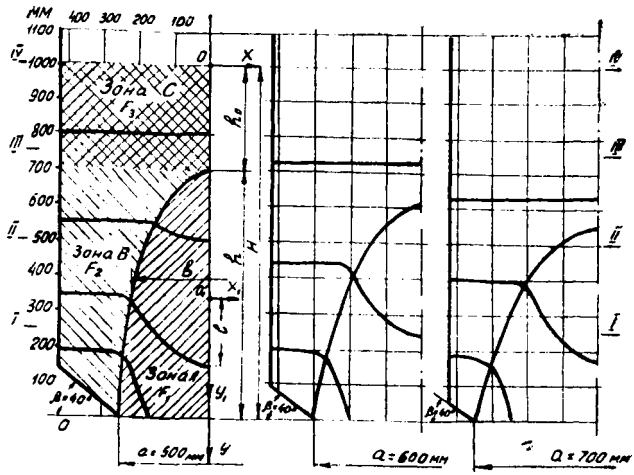

Рис. 32. Зоны (А, В, С) истечения при $t=1$ сек. для винограда сорта Цицка: $a=500$—700 мм; $\beta=40°=$ const.

ничена горизонтальной плоскостью, проходящей по вершине параболического цилиндра.

Третья зона С — зона сплошного движения винограда. Масса по бокам ограничена вертикальными стенками бункера, сверху плоскостью свободной поверхности материала, а снизу горизонтальной плоскостью, проходящей через вершину параболического цилиндра*.

Зона А. Сечение параболического цилиндра плоскостью XOY (рис. 30) представляет собой параболу (рис. 31, 32):

$$y = h_0 + k x^2, \tag{11}$$

где x — меняется в пределах $-\frac{a}{2} \div +\frac{a}{2}$;

a — ширина выходного щелевого отверстия;

* Так как точки прогиба объемов обрушения по всем сечениям I—IV соединяем линией и в первом приближении получаем параболу, поэтому зону С в нижней части условно ограничиваем горизонтальной плоскостью, проходящей через вершину параболического цилиндра. Если эту плоскость провели бы между сечениями III, IV, то зона С снизу в центральной части бункера имела бы форму конуса.

h_0 — размер от свободной поверхности винограда до вершины параболы;

k — коэффициент, который определяется из следующих условий.

На уровне плоскости выходного отверстия, когда

$$x = \pm \frac{a}{2}; \quad y = H,$$

где H – высота слоя материала в бункере.

Подставляя эти значения в уравнение (11) и определив коэффициент k, получим:

$$k = \frac{4(H - h_0)}{a^2}, \tag{12}$$

тогда

$$y = h_0 + \frac{4(H - h_0)}{a^2} \cdot x^2. \tag{13}$$

В этом уравнении неизвестной величиной является $h_0 = H - h$. При исследовании установлено, что с увеличением угла наклона стенок бункера в пределах $\beta = 20° - 60°$ (при $a = 500$ мм $=$ const) и выходного отверстия $a = 500 - 700$ мм (при $\beta = 40° =$ const) высота параболы истечения уменьшается по линейному закону (рис. 33):

$$h = m_1 + n_1 \cdot \beta, \tag{14}$$

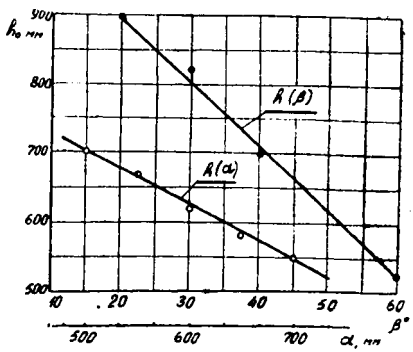

Рис. 33. Кривые зависимости $h(\beta)$ и $h(a)$.

где коэффициенты $m_1 = 1087{,}5$ мм; $n_1 = -9{,}375 \frac{\text{мм}}{\text{град.}}$;

$$h = m_2 + n_2 \cdot a, \tag{15}$$

где коэффициенты $m_2 = 1117$ мм; $n_2 = -0{,}81$.

В эмпирических формулах (14), (15) значения a и h даны в мм.

Контуры линий обрушения — кривые I, II, III, IV (рис. 31, 32), находящиеся в зоне А массового истечения, при всех значениях β и a можно записать уравнением параболы (в координатах x_1 y_1):

$$y_1 = l - kx_1^2, \tag{16}$$

где x_1 — меняется в пределах $-\frac{b}{2} \div +\frac{b}{2}$;

b — ширина объема обрушения;

l — высота объема обрушения;

k — коэффициент, который определяется из следующих условий:

при $x_1 = \pm \frac{b}{2}$, $y_1 = 0$.

Подставляя эти значения в уравнение (16), получим:

$$k = \frac{4l}{b^2}, \tag{17}$$

тогда

$$y_1 = l - \frac{4l}{b^2} \cdot x_1^2. \tag{18}$$

Ширина объема обрушения $b = 2x$. Если в формуле (13) y меняется $h_0 - H$, тогда $x = x_1$. Откуда

$$b = a\sqrt{\frac{y - h_0}{H - h_0}}, \tag{19}$$

где y меняется в пределах $h_0 - H$.

Установлено, что высота объема обрушения l зависит от ширины объема обрушения b, от угла наклона стенок β и размера выходного отверстия a бункера:

$$l = \mu \cdot b. \tag{20}$$

Значение μ по высоте параболы h приведены в табл. 12.

Таблица 12

Значение коэффициентов μ

Высота от плоскости выходного отверстия h мм до горизонтального сечения (I—IV)	Выходное отверстие a, мм					
	500				600	700
	Угол наклона стенок бункера—β^0					
Коэффициент—μ	20	30	40	60	40	
h	250	200	340	200	440	400
μ	1,24	1,0	0,475	0,475	0,475	0,549
h	450	360	550	450		
μ	0,904	0,815	0.270	0.250		
h	600	580				
μ	0,333	0,444				
h	860	840				
μ	0,286	0,400				

Площадь, заключенную между параболой (формула 13) и прямой $y=H$, можно определить из уравнения:

$$F_1 = a \cdot H - \int_{-\frac{a}{2}}^{+\frac{a}{2}} y\, d\, x =$$

$$= a \cdot H - \int_{-\frac{a}{2}}^{+\frac{a}{2}} \left[h_0 + \frac{4(H-h_0)}{a^2} \cdot x^2 \right] dx = \frac{2}{3} a \cdot h. \tag{21}$$

Имея численные значения площади F_1 зоны A, можно определить площади F_2, F_3 зон B и C, значения которых даны в табл. 13.

Анализируя полученные данные, можно сделать вывод, что при малых значениях угла наклона стенок $\beta = 20°$ (рис. 31) процесс истечения, протекающий в бункере, сходен с характером истечения в бункере с плоским днищем. Этот процесс характеризуется максимальным истечением материала над выходным отверстием, т. е. площади F_1, F_2 максимальны, следовательно, площадь F_3 получается минимальной. С ростом же угла наклона стенок $\beta = 30°—40°$ происходит уменьшение объемов материала, заключенного в зонах A и B (соответственно уменьшаются площади F_1, F_2), что сопровождается увеличением зоны C — сплошного движения материала (соответственно увеличивается площадь F_3).

Таблица 13

Среднее значение площади по зонам при высоте слоя винограда в бункере H = 1000 мм

Зоны	Площадь, м²	Выходное отверстие $a = 500$ мм				Угол наклона стенок бункера $\beta = 40°$		
		Угол наклона стенок бункера $\beta°$				Выходное отверстие a мм		
		20	30	40	60	500	600	700
Зона А	F_1	0,300	0,276	0,226	0,180	0,226	0,248	0,256
Зона В	F_2	0,453	0,413	0,333	0,231	0,333	0,269	0,208
Зона С	F_3	0,085	0,144	0,271	0,390	0,271	0,323	0,382
Общее значение площади	F	0,837	0,833	0,827	0,801	0,827	0,840	0,846

При значении $\beta = 60°$ форма бункера приближается к бункерам с вертикальными стенками, наблюдается значительное уменьшение объема материала в зоне A и соответственно в зоне B, за счет увеличения объема материала в зоне C, что характерно для истечения ма-

териала из бункеров с вертикальными стенками. При угле наклона стенок бункера $\beta = 60°$ движение винограда происходит без значительного искажения поперечных слоев, перпендикулярных к вектору скорости истечения.

С увеличением выходного отверстия $a = 500 - 700$ мм при $\beta = 40° = const$ (рис. 32), в отличие от выше описанного явления, в процессе истечения (t = 1 сек.) происходит увеличение зоны A по ширине (площадь F_1). Таким образом, с увеличением размера выходного отверстия уменьшается объем материала в «мертвой» зоне B (площадь F_2) и увеличивается объем в зоне C сплошного движения винограда (площадь F_3).

По данным табл. 13 построены кривые зависимости F_1, F_2, F_3 (β) и F_1, F_2, F_3 (a) (рис. 34).

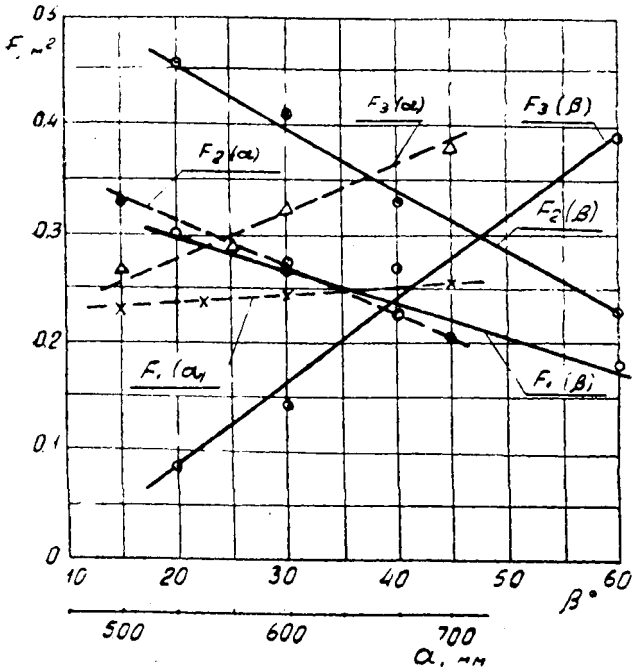

Рис. 34. Кривые зависимости F_1, F_2, F_3 (β) и F_1, F_2, F_3 (a).

Анализируя кривые F_1, F_2, F_3 (β), следует отметить, что с увеличением угла наклона стенок бункера $\beta = 20° - 60°$ площадь массового истечения F_1 (зона A) и соответственно площадь F_2 «мертвой» зоны B уменьшается, а площадь F_3 зоны C — сплошного истечения — увеличивается. Во всех случаях наблюдается линейный характер изменения площадей в процессе истечения.

Как показывают кривые F_1, F_2, F_3 (a) (рис. 34), с увеличением выходного отверстия $a = 500—700$ мм площадь F_1 зоны A увеличивается в основном по ширине параболы, что вызывает уменьшение «мертвой» зоны В и увеличение площади F_3 зоны сплошного истечения винограда. И в этом случае кривые носят линейный характер.

Таким образом, анализ экспериментальных данных показывает, что характер истечения винограда из бункеров щелевого типа значительно зависит от угла наклона стенок и размеров выходных отверстий. С установлением оптимальных величин β и a может быть увеличен объем сплошного движения винограда за счет уменьшения объемов центральной зоны параболического цилиндра и «мертвой» зоны винограда.

Средняя скорость истечения винограда в зависимости от угла наклона стенок и ширины выходного отверстия бункера. Средняя скорость высыпающегося винограда из бункера определялась по формуле:

$$V_{ср} = \frac{G}{a \cdot t \cdot \gamma \cdot L}, \qquad (22)$$

где G — масса винограда;

t — время истечения;

γ — объемная масса винограда;

a — ширина щелевого отверстия;

L — длина щелевого отверстия.

Кривые зависимости $V_{ср}$ (β) и $V_{ср}$ (a) для сортов винограда Цоликаури и Цицка даны на рис. 35 а, б. Как показывают кривые 1, 2 $V_{ср}(\beta)$ (рис. 35 а), с увеличением угла наклона стенок бункера $\beta = 20° - 30°$ средняя скорость истечения для обоих сортов виногра-

да уменьшается, далее кривые резко загибаются при значении $\beta = 35°$ и до $\beta = 60°$ средняя скорость возрастает.

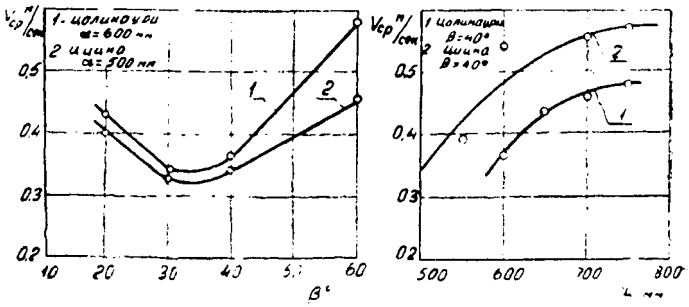

Рис. 35. Кривые зависимости средней скорости истечения $V_{ср}$ от угла наклона стенок β и ширины выходного отверстия a.

Такую зависимость можно объяснить следующим. В процессе истечения винограда при $\beta = 20°$ объем зоны A и объем «мертвой» зоны B максимальны, т. е. в центральной зоне бункера высыпается максимальное количество винограда, а в истечении не участвуют гроздья из мертвой зоны. Помимо этого, тормозящее действие «мертвой» зоны на зону A мало, так как при $\beta = 20°$ бункер приближается к бункеру с плоским днищем. По окончании истечения на наклонных стенках остается часть винограда «мертвой» зоны, поэтому средняя скорость $V_{ср}$ в этом случае выше. По мере увеличения угла наклона стенок бункера $\beta = 30°$ объемы центральной зоны A и «мертвой» зоны B уменьшаются (увеличивается верхняя зона C сплошного истечения материала). В этом случае ($\beta = 30°$) «мертвая» зона исполняет роль «клина», тормозящее действие зоны B на зону A возрастает. Это явление затормаживает перемещение частиц и, следовательно, средняя скорость уменьшается. При значении $\beta = 40°$ характер истечения материала меняется — в этом случае по наклонной поверхности стенок бункера перемещаются гроздья ви-

нограда. В результате объемы центральной и «мертвой» зоны A и B уменьшаются за счет увеличения средней скорости истечения. При $\beta = 60°$ поперечные слои винограда почти остаются горизонтальными за счет уменьшения объемов зон A и B и увеличения объема сплошного истечения (зона C), следовательно, средняя скорость истечения винограда возрастает.

На рис. 35 б даны кривые 1, 2 зависимости средней скорости истечения винограда (сорт Цоликаури и Цицка) в зависимости от ширины выходного щелевого отверстия $V_{ср}(a)$ при $\beta = 40° = \text{const}$. Как показывают кривые 1, 2, с увеличением ширины отверстия от 500 мм до 750 мм средняя скорость истечения материала увеличивается.

При значении $a = 650 - 700$ мм средняя скорость истечения достигает максимального значения, после чего увеличение средней скорости почти прекращается.

Из полученных данных следует, что при одинаковых условиях истечения максимальной средней скоростью характеризуется сорт винограда Цицка, так как гроздья сорта Цицка более плотные.

Сводообразование. В настоящее время применяемые в винодельческой промышленности приемные бункера для винограда характеризуются рядом недостатков. Например, часто бывают случаи, когда истечение винограда прекращается, так как над выпускным отверстием образуется замкнутый свод из самого материала. Иногда истечение ограничивается только лишь областью над выпускным отверстием.

Виноград в бункере образует вертикальную свободно стоящую стенку, в результате у стенок бункера получается «мертвая» зона.

Все эти явления затормаживают непрерывность производства, уменьшают производительность завода и снижают эффективность труда.

Определение характера образования устойчивых сводов производилось на экспериментальной установке (рис. 27) при разных значениях сводообразующего щелевого отверстия: $a_1 \div a_4 = 200 - 470$ мм (для сорта Цицка) и $a_1 \div a_4 = 200 - 570$ мм (для сорта Цолика-

ури) при $\beta = 40° = const$, а также при разных значениях угла наклона стенок бункера: $\beta = 20°$; 30°; 40°; 60° при $a = 200$ мм $= const$.

Во всех случаях в первую очередь экспериментально определялась ширина отверстия, при которой начиналось полное истечение винограда, без образования застойных зон (для сорта Цоликаури $a = 570$ мм, а для Цицка $a = 470$ мм).

Изучение процесса сводообразования производилось таким путем. Устанавливали сводообразующее отверстие $a_1 - a_4$ и бункер наполнялся виноградом на высоту $H = 1000$ мм, далее открывалась заслонка. После образования свода для установления профиля и диапазона его распространения брали систему координат XY у передней стенки бункера (рис. 36, 37) так, чтобы ордината Y совпадала с осью симметрии передней стенки бункера, а абсцисса X была горизонтальна. Размер отверстия a делили на несколько равных участков, затем замеряли соответствующие ординаты h, h_1, h_2, h_3. На полученных точках строили профиль свода.

Анализируя полученные данные, во всех случаях процесс сводообразования можно объяснить следующим образом. После открытия заслонки гроздья винограда, находящиеся над выходным отверстием, отрываются от вышележащих слоев и под тяжестью собственного веса опускаются вниз. Над выпускным отверстием начинается процесс истечения и в толще материала образуется объем обрушения, который развивается в верхних слоях. В процессе движения, если границы объемов обрушения соединить, получается в первом приближении поверхность, аналогичная поверхности зоны A (рис. 31, 32) в форме параболического цилиндра. В начальный период высота параболического цилиндра непрерывно увеличивается за счет создания в верхних слоях объемов обрушения и через какой-то промежуток времени наступает момент, когда внезапно прекращается возрастание высоты параболического цилиндра. Это означает образование свода в толще материала, и истечение прекращается, так как свод выдерживает все давление материала, расположенного над выпускным отверстием (рис. 36, 37).

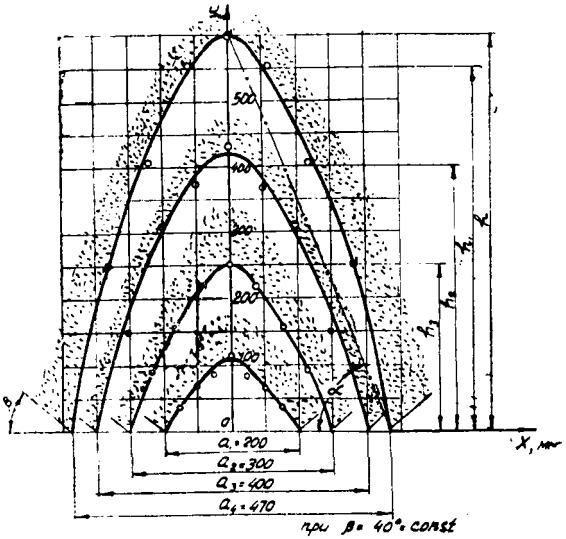

Рис. 36. Изображение профилей сводов для сорта винограда Цицка.

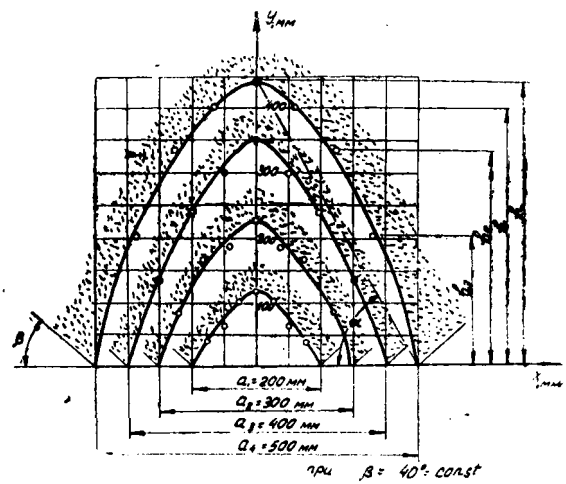

Рис. 37. Изображение профилей сводов для сорта винограда Цоликаури.

Образование свода можно объяснить тем, что величина сопротивления сдвигу, возникающая в толще материала, вызванная взаимными переплетениями и связностью гроздей, достаточна для восприятия веса массы материала над выходным отверстием.

При наших экспериментах гранулометрический состав винограда в процессе истечения менялся незначительно (средняя длина грозди $l_{ср}$ =100—140 мм). С уменьшением ширины выходного отверстия (в пределах a =470—570 мм, рис. 35 а) средняя скорость истечения достигает определенного минимального значения, а затем истечение прекращается. Таким образом, по мере уменьшения размеров выходного отверстия a (при $l_{ср} \cong const$) в большей степени проявляются факторы, которые вызывают сводообразование. Действие этих факторов становится преобладающим, когда значение отношения $\frac{l_{ср}}{a}$ увеличивается. Естественно, что с уменьшением выходного отверстия ширина параболического цилиндра уменьшается (зона A, рис. 32), а объем «мертвой» зоны винограда в бункере увеличивается. Это явление вызывает увеличение сжимающего усилия со стороны стенок бункера, т. е. от «мертвой» зоны и свободной поверхности материала на параболический цилиндр. Таким образом, при сжатии струи (зона A) происходит сближение виноградных гроздей, увеличиваются силы внутреннего трения и сцепления, в результате равнодействующая сила, направленная против течения материала, будет тормозить перемещение гроздей вниз. И когда равнодействующая сила достигает своего предельного значения, в толще материала образуется контур равновесия, т. н. свод, находящийся под воздействием контактных напряжений.

По экспериментальным данным построены кривые профилей сводов для сортов Цицка и Цоликаури в зависимости от размеров выходного отверстия при β=40°=const (рис. 36, 37).

Из полученных кривых сводов следует, что характер сводообразования для отмеченных сортов почти одинаковый. Во всех случаях полученные своды ограничены параболическими цилиндрами; в сечении плоскостью ХОУ кривую свода можно представить параболой:

$$y = h - k x^2, \tag{23}$$

где y — ордината профиля свода;
h — высота свода;
k — коэффициент;
x — абсциса профиля свода меняется в пределах

$$-\frac{a}{2} \div +\frac{a}{2},$$

где a — размер сводообразующего отверстия.

Когда $x = \frac{a}{2}$ и $y=0$, тогда

$$k = \frac{4h}{a^2}, \tag{24}$$

Вставляя значение k в уравнение (23), получим

$$y = \frac{a^2 - 4x^2}{a^2} \cdot h. \tag{25}$$

На основании рис. 36, 37

$$h = \frac{a}{2} \cdot tg\alpha, \tag{26}$$

тогда

$$y = \frac{a^2 - 4x^2}{2a} \cdot tg\,\alpha, \tag{27}$$

где α — углы сводов, значения которых приведены в табл. 14.

Анализируя профили сводов, можно констатировать, что при одинаковых условиях с увеличением размеров ширины выходного отверстия значения углов сводов α возрастает.

Как показывают кривые (рис. 36, 37), максимальной высотой сводов характеризуется сорт винограда Цицка. Полученные данные вполне соответствуют механическим свойствам винограда, в частности при одинаковых условиях высота свода тем ниже, чем больше значение угла естественного откоса, вертикальной свободно стоящей стенки, т. е. степень связности между гроздьями винограда.

Таблица 14

Значение углов сводов α к формуле (27)

Ширина выходного отверстия a мм	Сорт Цоликаури		Сорт Цицка	
	$tg\alpha$	$\alpha°$	$tg\alpha$	$\alpha°$
200	1,20	50°12′	1,15	49°
300	1,50	56°19′	1,66	58°54′
400	1,75	60°15′	2,10	64°32′
470	—	—	2.58	66°6′
500	1,78	60°40′	—	—

Из выходного отверстия, ширина которого $a = 100$ мм, гроздья не выпадают, так как средний размер виноградных гроздей по длине колеблется $l_{ср} = 100 - 140$ мм, т. е. средний размер превышает ширину выходного отверстия.

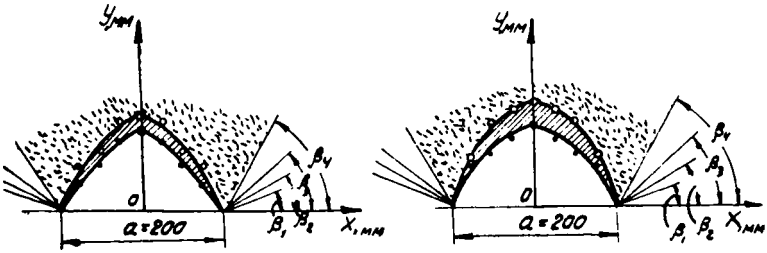

Рис. 38. Влияние угла наклона стенок бункера ($\beta = 20°—60°$) на образование профиля свода: а — сорт винограда Цоликаури; б — сорт винограда Цицка.

Из полученных данных следует, что виноградная масса является плохосыпучим материалом, ширина максимального сводообразующего отверстия (при котором начинается истечение) составляет:

$$a \cong (4 \div 5)\, l \qquad (28)$$

По экспериментальным данным построены кривые профилей сводов в зависимости от угла наклона стенок бункера $\beta = 20°$; $30°$; $40°$; $60°$ при $a = 200$ мм (рис. 38).

Область распространения профилей сводов в пределах $\beta = 20° - 60°$ заштрихована. Полученная картина дает основание говорить о том, что угол наклона стенок β незначительно влияет на высоту профиля свода.

ГЛАВА ЧЕТВЕРТАЯ

ПРИЕМНЫЙ БУНКЕР ВИНОГРАДА — ОСНОВНОЕ ЗВЕНО ПОТОЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА ПЕРВИЧНЫХ ВИНЗАВОДОВ

§ 1. МОДЕЛЬ ПРИЕМНОГО БУНКЕРА С ДРОБИЛКОЙ И УСТРОЙСТВОМ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО ОТБОРА САМОТЕКА

При создании и установлении принципа действия модели приемного бункера винограда с дробилкой и устройством предварительного отбора самотека необходимо учитывать такие механические свойства сырья, как гранулометрический состав винограда; возможность образования свода винограда в местах выгрузки из бункера; углы обрушения и естественного откоса винограда; большую связность виноградных гроздей и др.

С учетом этих механических свойств винограда нами был изготовлен опытный образец приемного бункера с дробилкой и устройством предварительного отбора самотека* в масштабе приблизительно 1:3** (рис. 39). В этом случае раздвижной механизм наклонных стенок выдвигался и занимал крайнее положение (рис. 27). Приемный бункер был принят прямоугольной формы (900x850x1100 мм).

На рис. 40 приводится схема истечения винограда. В нижней части бункера 1 устроено днище 3, в которое

---

* В опытной модели не предусмотрен гребнеотделительный механизм.

** Реальные размеры бункера выбираются из расчета свободной засыпки в него.

Рис. 39. Модель приемного бункера винограда с шнековым стекателем.

вмонтирован шнек 4. В выходном отверстии днища возникала опасность образования застойных зон, причем основание свода опиралось на плоскость V—V. Для устранения этого явления в плоскости 0—0 сочли нужным установить несколько пар дробильных валиков 2, вращающихся в противоположном направлении. Число пар дробильных валиков может быть различным. Главное заключается в том, чтобы дробильные валики располагались по всей плоскости 0—0 так, чтобы создавалось вращающееся днище.

Валики 2 выполняют два основных назначения:

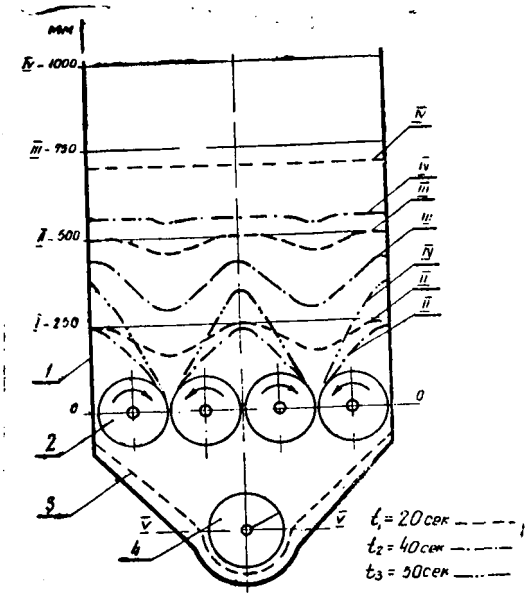

Рис. 40. Истечение винограда из бункера по зонам при работе дробильных валиков.

разрушение сводов в плоскости 0—0, операцию дробления и равномерной подачи дробленой массы* на шнек 4.

Методика проведения экспериментов заключалась в следующем. В бункер загружался исследуемый виноград с остановками, необходимыми для размещения у передней стенки бункера слоя черного сорта винограда по горизонтальным сечениям бункера I—250 мм, II — 500 мм, III — 750 мм, IV — 1000 мм. После заполнения бункера на определенный промежуток времени включались дробилка и шнек и начиналось истечение винограда, затем механизмы выключались.

В процессе истечения на передней стенке бункера наблюдались прогибающиеся темные прослойки, что и фиксировалось соответствующими кривыми. Так строи-

* После дробления виноградная масса меняет свои механические свойства, становится подвижной, в результате предотвращается опасность сводообразования.

лись кривые траектории перемещения гроздей при разных промежутках времени истечения, по сечениям I—IV (рис. 40).

Если проанализировать экспериментальные данные, то следует отметить, что в начальный период истечения над парой рабочих дробильных валиков образуется контур обрушения горизонтального сечения I. Далее в движение приходят гроздья винограда еще выше над валиками — получается объем обрушения сечения II и затем обрушение выходит на свободную поверхность материала в бункере (сечение IV). Геометрическая ось параболического цилиндра проходит вертикально в зазор между парой дробильных валиков. Несмотря на то, что скорость перемещения виноградных гроздей неодинакова, введение в днище бункера дробильных валиков совершенно исключает «мертвые» зоны в бункере, способствует массовому истечению, совершенно исключается образование сводов.

Техническая характеристика:

Производительность, т/час.	20
Валики:	
Диаметр, мм	202
Длина, мм	950
Число рабочих пар,	2
Зазор между валиками, мм	8
Число оборотов, об/мин	60
Шнек:	
Диаметр, мм	250
Длина, мм	950
Число оборотов, об/мин	20

§ 2. ОПЫТНО-ПРОМЫШЛЕННАЯ УСТАНОВКА ПРИЕМНОГО БУНКЕРА С ДРОБИЛКОЙ, ГРЕБНЕОТДЕЛИТЕЛЕМ И УСТРОЙСТВОМ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО ОТБОРА САМОТЕКА

С учетом всех механических свойств винограда, характера истечения из бункеров и результатов, полученных при испытании модели приемного бункера, нами был разработан принцип устройства приемного бункера с дробилкой и изготовлен производственный

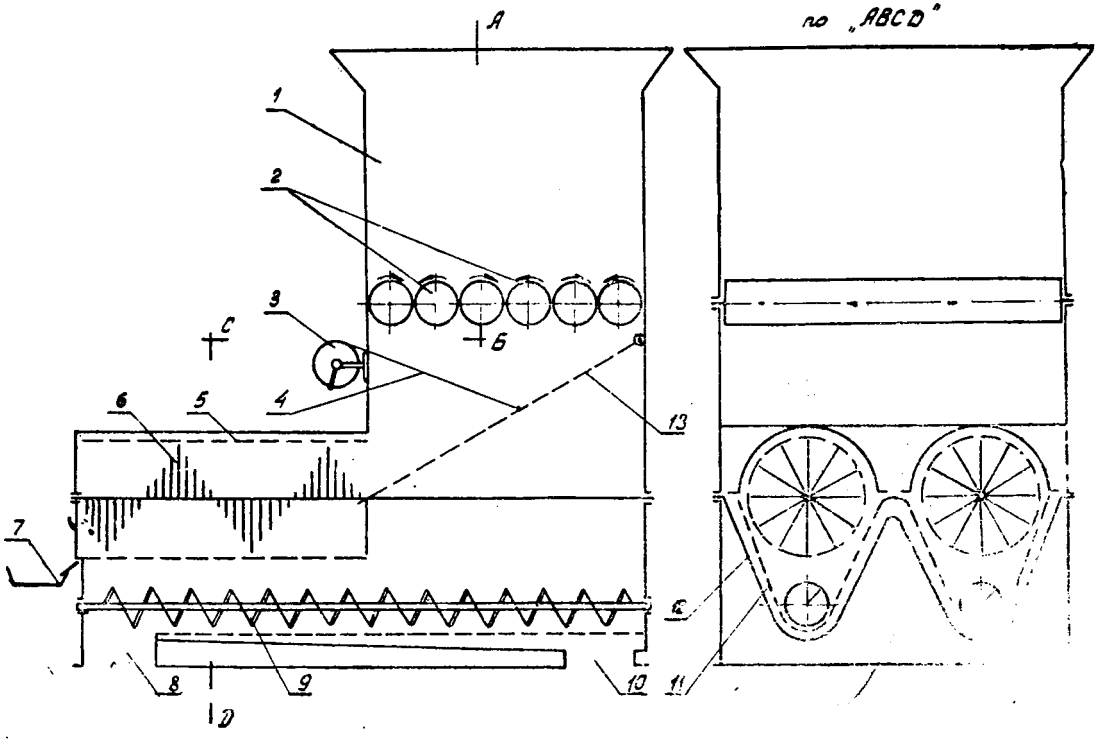

Рис. 41. Принципиальная схема приемного бункера с дробилкой, гребнеотделителем и устройством предварительного отбора самотека.

образец на Зестафонском ремонтно-механическом заводе «Самтреста». Сущность предлагаемой установки заключается в применении нового способа комплексной переработки винограда, с учетом операций приема винограда, дробления, гребнеотделения и отбора самотека.

Практика показала, что при наклонных стенках бункера относительно вертикали в плоскости выгрузки винограда часто образовывались застойные зоны. Поэтому в производственном образце целесообразно для гарантийного движения виноградных гроздей приемный бункер I принять прямоугольной формы с вертикальными стенками* (рис. 41).

Для сбора и выгрузки материала необходимо было предусмотреть днище 12. В этом случае опасность образования динамических сводов возникала в самом днище бункера. Для устранения этого явления в горизонтальной плоскости, несколько выше уровня пересечения вертикальных и наклонных стенок бункера, сочли целесообразным установить несколько пар дробильных валиков 2, вращающихся в противоположных направлениях. Число пар дробильных валиков может быть различным. Важно, чтобы дробильные валики были расположены по всей плоскости так, чтобы создавалось движущееся днище. Валики 2 выполняют два основных назначения: разрушение сводов, операцию дробления и равномерной подачи дробленой массы** на гребнеотделители 6 или шнеки 9.

После дробления, если технология приготовления вина требует переработки винограда с гребнями, вышедшая из зазоров валиков 2 дробленая масса самотеком через перфорированные стенки 11 поступает в шнеки 9 (в это время перфорированный лоток 13 повернут вокруг шарнира и занимает вертикальное положение). Самотек проходит перфорированные наклонные стенки 11, а также желоба шнеков и через патрубки 10 поступает на следующую операцию технологичес-

---

* Реальные размеры бункера выбираются из расчета свободной засыпки в него винограда из кузова самосвала.

** После дробления виноградная масса меняет свои механические свойства, стновится подвижной, в результате предотвращается опасность сводообразования в зоне днища 12.

кого процесса, а виноградная масса посредством шнеков 9 через патрубки 8 подается на прессование.

Если перерабатывается виноград по кахетинскому способу, т. е. требуется только дробление, то из дробильных валиков дробленая масса непосредственно поступает в шнек 9. В этом случае шнекам придается противоположное вращение, и масса через патрубки 10 поступает по назначению.

Если технология приготовления вина требует переработки винограда без гребней, то обслуживающий персонал посредством лебедки поворачивает лоток 13 вокруг шарнира так, чтобы дробленая масса по наклонной поверхности лотка (как это показано на рис. 41) поступала в гребнеотделитель 6. Отделенные гребни через наклонные лотки 7 выгружаются из машины, а оставшаяся дробленая масса проходит через отверстия цилиндров 5 и поступает в шнеки.

Кинематическая схема привода дробильных валиков, гребнеотделителей, шнеков и барабанов дана на рис. 42, 43.

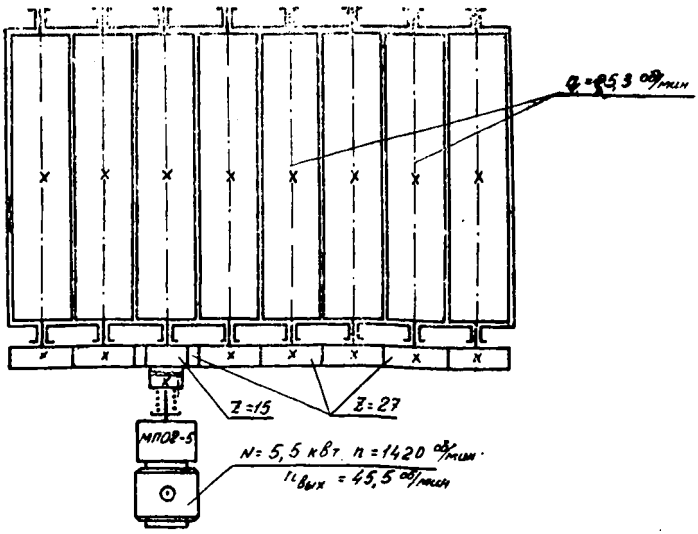

Рис. 42. Кинематическая схема привода дробильных валиков

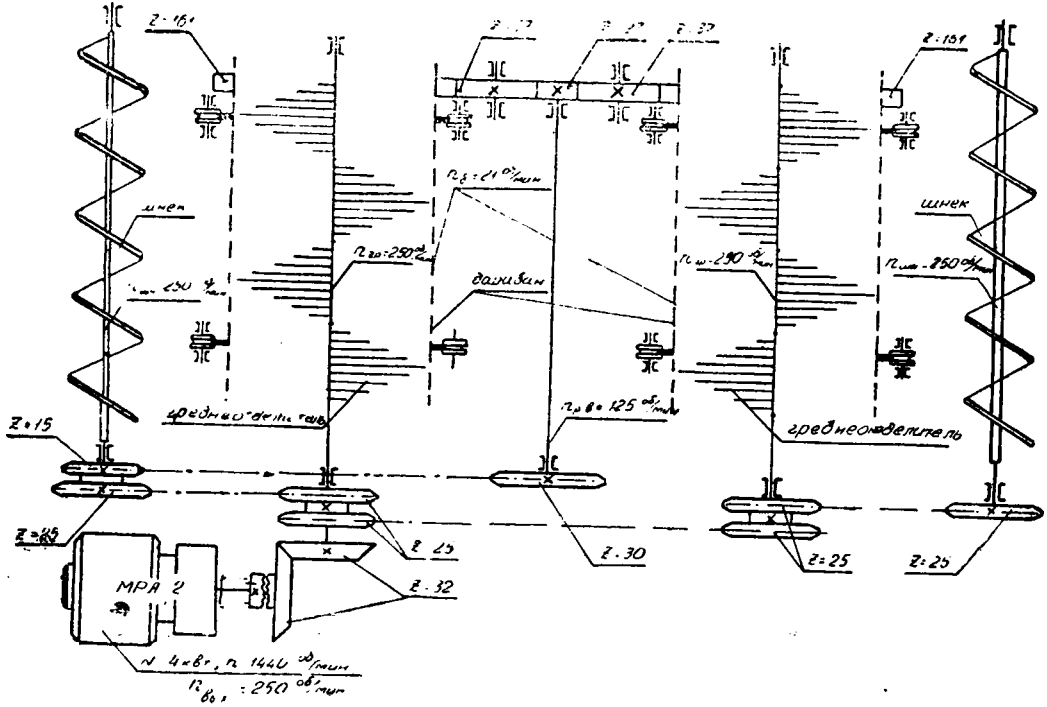

Рис. 43. Кинематическая схема механизма гребнеотделителей, шнеков и барабанов,

Техническая характеристика приемного бункера с дробилкой, гребнеотделителем и устройством предварительного отбора самотека дана в табл. 15.

В сезоне виноделия 1972 г. приемный бункер был смонтирован на Квалитском винзаводе Зестафонского объединения «Самтреста» МПП Груз. ССР (рис. 44), и в этом же году произведено ведомственное испытание его.

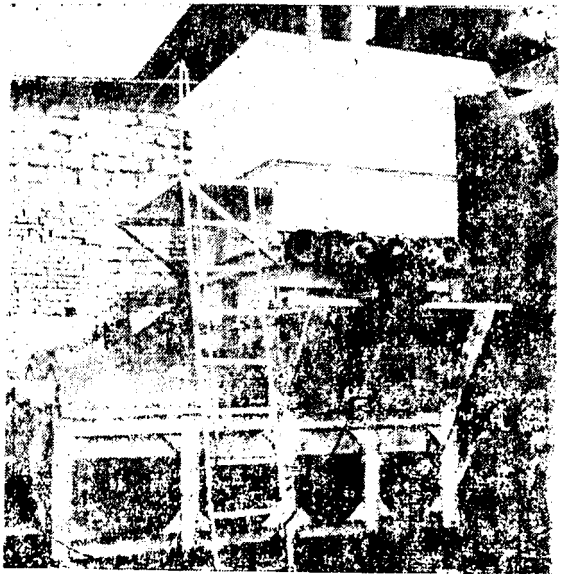

Рис. 44. Опытно-промышленная установка.

Виноград поступал на переработку на автомобилях, снабженных специальными кузовами. Перед загрузкой бункера виноград взвешивался, и определялась его сахаристость. В бункер машина разгружалась с помощью телфера.

Загрузка бункера производилась как при включенном устройстве, так и при невключенном состоянии.

Опытно-промышленный образец испытывался в режиме отделения гребней и без отделения гребней (экс-

Таблица 15

Наименование показателей	Единица измерения	Значения	
		По проекту	Фактические
Производительность	т/час	60	110
Выход сусла с 1 т винограда	дал	50—55	50
Бункер:			
длина	мм	1750	1750
ширина	мм	2100	2100
высота	мм	1500	1500
вместимость	т	4	4
Дробилка:			
число валиков	шт	6 (3 пары)	6 (3 пары)
средний диаметр	мм	268	268
число зубьев	шт	8	8
длина валика	мм	1950	1950
зазор в зацеплении	мм	6	6
число оборотов	об/мин	25,3	25,3
Гребнеотделитель:			
количество	шт	2	2
диаметр	мм	750	750
длина	мм	1700	1700
число оборотов	об/мин	250	250
Механизм отделения сусла:			
количество шнеков	шт	2	2
диаметр шнека	мм	200	200
шаг шнека	мм	200	200
число оборотов	об/мин	250	250
Мотор-редуктор для валиков:			
мощность	квт	5,5	5,5
число оборотов выходного вала	об/мин	45,5	45,5
Мотор-редуктор для привода шнеков и гребнеотделителей:			
мощность	квт	4,5	4,5
число оборотов выходного вала	об/мин	250	250
Габариты установки:			
длина	мм	3950	3950
ширина	мм	3350	3350
высота	мм	4020	4020
Масса	т	2,5	2,5

периментальные данные испытания приведены в табл. 16). При этом все механизмы работали нормально. Приемный бункер с дробилкой, гребнеотделителем и устройством предварительного отбора самотека удовлетворяет требованиям технологии переработки винограда. Его конструкция соответствует современным

требованиям производства. Установка проста в изготовлении, соответствует требованиям промышленной эстетики, техники безопасности и промышленной санитарии, удобна в управлении. Позволяет легко производить чистку и мойку.

При испытании установлено, что фактическая производительность экспериментального образца составила 115 т/час. В дальнейшем необходимо уменьшить число оборотов валиков с целью доведения фактической производительности до 60 т/час.

Кроме того, для увеличения сусла-самотека и подачи мезги при окончательном прессовании сочли целесообразным добавить в установку два вертикальных шнека. В этом случае мезга из горизонтальных шнеков 9 (рис. 41) перейдет в вертикально расположенные цилиндрические перфорированные полости шнеков, где

Таблица 16

Основные данные испытания опытно-промышленного образца (сорта Цицка и Цоликаури)

Наименование	Единица измерения	Количество показаний
Производительность:		
при переработке с гребнями	т/час	102
при переработке без гребней	т/час	115
Выход сусла с 1 тонны винограда:		
при переработке с гребнями	дал	47,0
при переработке без гребней	дал	51,8
Анализ сусла, полученного из опытного образца:		
железо	млг/л	2,5
взвеси	г/л	40,0
таниды	г/л	0,44
Анализ сусла, полученного от раздавленного винограда (отжатие вручную):		
железо	млг/л	2,0
взвеси	г/л	100.0
таниды	г/л	0,35

осуществится добавочное стекание сусла за счет легкого прессования. Далее обессусленная мезга подается в пресс непрерывного действия.

Из проведенных исследований следует, что приемный бункер с дробилкой, гребнеотделителем и устрой-

ством предварительного отбора самотека позволит создать систему комплексной механизации и автоматизации цеха переработки винограда первичных винзаводов, улучшит качество готовой продукции в соответствии с оптимальным режимом операции приема винограда, дробления, отбора самотека и др.

§ 3. АГРЕГАТ НЕПРЕРЫВНОГО ДЕЙСТВИЯ ДЛЯ ПЕРЕРАБОТКИ ВИНОГРАДА

С целью полной механизации трудоемких процессов, создания полной механизированной линии переработки винограда и получения максимального количества сусла, нами разработан второй вариант установки непрерывного действия, где не предусматривается отделение гребней.

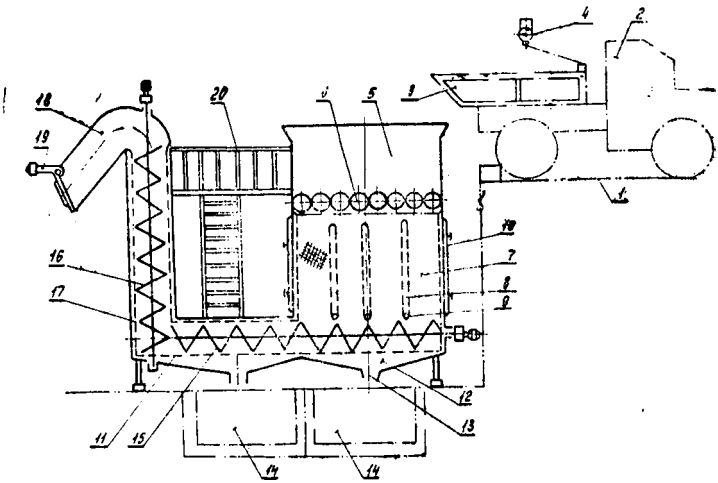

Рис. 45. Установка непрерывного действия для переработки винограда.

Установка непрерывного действия для переработки винограда состоит из следующих основных узлов (рис 45): приемный бункер 5 с дробилкой 6, камера предварительного отбора самотека 7 с дренажными секциями 8, горизонтальный шнековый стекатель 15,

вертикальный шнековый стекатель — пресс предварительного отжима 16.

Масса винограда доставляется на переработку автотранспортом 2, кузов которого выполнен в виде специальной емкости 3.

После въезда на приемную площадку 1 емкость 3 (кузов) захватывается электрической самоходной талью 4 и масса винограда опрокидывается в приемный бункер 5 установки непрерывного действия. Днище бункера 5 представляет собой параллельно расположенные по всей плоскости бункера принудительно вращающиеся дробильные валики 6.

В разультате противоположного вращения валиков 6 масса винограда подвергается дроблению и увлекается в полость камеры 7 предварительного отбора самотека.

Внутри камеры 7 расположены вертикально стоящие перфорированные полые стенки 8, образующие секции. В нижней части полости стенок размещены трубы 9, по которым сусло самотеком поступает в сборник 14.

Вертикальные стенки 8 камеры 7 выполняют двоякую роль: с одной стороны, они увеличивают дренажную способность всей камеры предварительного отбора самотека, с другой стороны, обеспечивают оптимальный режим работы шнеков 15 за счет уменьшения давления (по поперечному сечению в установке предусмотрены два горизонтальных и вертикальных шнека).

Камера отбора самотека 7 снабжена герметически закрывающимися дверцами 10, служащими для мойки и чистки.

По мере заполнения камеры 7 дробленой виноградной массой в начальный момент работы линии шнек 15 работает в режиме заполнения. Режим работы валиков 6 и горизонтального шнека 15 выбран таким образом, что при частичном наполнении дренажной камеры 7 дробленой массой винограда дробильные валики 6 продолжают вращение и через определенный промежуток времени включаются в работу шнеки 15.

Из условий максимального выхода самотека выбирается также и производительность шнека 15 (т. е. кинематические и геометрические параметры шнека) и

вынос дробленой массы винограда к вертикальному шнеку 16 предварительного отжима.

Полученное сусло из камеры 7, из той части горизонтального шнека 15, которая расположена непосредственно под камерой, собирается посредством ванны 12 и по патрубку 13 поступает в сборник 14 (сборник I фракции).

В дальнейшем дробленая масса винограда посредством шнека 15 подается в приемное окно вертикального шнека 16. Шнеки 15 и 16 снабжены перфорированными цилиндрами соответственно 11 и 17.

По мере транспортировки мезги в полости шнека 16 в зависимости от положения заслонки 19 осуществляется отжим сусла.

Полученное сусло стекает в сборник 14 (сборник II фракции). Сюда же поступает часть сусла из горизонтального шнека, расположенного над сборником.

В зависимости от вида перерабатываемого винограда и технологических требований, кинематические параметры дробилки 6, шнеков 15 и 16, а также положение заслонки 19 выбирается таким образом, что на выходе агрегата может быть получен готовый продукт, либо масса винограда может поступать на известные устройства прессования винограда и дальнейшей переработки.

Разгрузочное устройство агрегата снабжено мундштуком 18, который создает дополнительное сопротивление проходу массы. В торце мундштука расположена заслонка 19 с регулирующим устройством давления.

Для удобства обслуживания устройство снабжено площадкой 20.

Агрегат непрерывного действия для переработки винограда в соответствии с технической документацией, разработанной кафедрой «Оборудования пред. пищ. промышленности» ГПИ им. В. И. Ленина и ОПКБ Груз. НИИПП, был изготовлен на Зестафонском ремонтно-механическом заводе ГРПО «Самтреста» МПП Груз. ССР. Испытание намечается в сезоне виноделия 1974 г.

Техническая характеристика «Агрегата непрерывного действия для переработки винограда» дана в табл. 17.

Таблица 17

Наименование показателей	Единица измерения	Значения по проекту
1	2	3
Производительность	т/час	60
Выход сусла с 1 т винограда	дал	60 ÷ 70
Бункер:		
длина	мм	1860
ширина	мм	2000
высота	мм	1400
вместимость	т	4
Дробилка:		
число валиков	шт.	6 (3 пары)
средний диаметр	мм	268
число зубьев	шт.	8
длина валика	мм	1950
зазор в зацеплении	мм	6
число оборотов	об/мин	15
Камера предварительного отбора самотека:		
длина	мм	1700
ширина	мм	1960
высота	мм	1750
число секций	шт.	3
Механизм отделения сусла:		
количество горизонтальных шнеков	шт.	2
диаметр шнека	мм	400
шаг шнека	мм	300
длина шнека	мм	3000
число оборотов	об/мин	34
количество вертикальных шнеков	шт.	2
диаметр шнека	мм	400
шаг шнека	мм	300
длина шнека	мм	2850
число оборотов	об/мин	45
Мотор-редуктор для дробилки:		
мощность	квт	7,5
число оборотов выходного вала	об/мин	45
Мотор-редуктор для горизонтальных шнеков:		
мощность	квт	5,5
число оборотов выходного вала	об/мин	45

1	2	3
Мотор-редуктор для вертикальных шнеков:		
мощность	квт	5,5
число оборотов выходного вала	об/мин	45
Габариты:		
длина	мм	4300
ширина	мм	2300
высота	мм	3900
Масса в незагруженном состоянии	т	4,4

§ 4. ПРАКТИЧЕСКОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ ПРИ КОНСТРУИРОВАНИИ БУНКЕРОВ ДЛЯ ВИНОГРАДА

Известно, что бункера являются специальными сосудами и предназначены для вмещения и выдачи разных сыпучих материалов. В зависимости от вида сыпучего материала и характера производства, бункера встречаются самых разнообразных форм: пирамидальные, конические, а также сочетания призмы с пирамидой и цилиндра с конусом. В тех случаях, когда требуется широкий разгрузочный фронт, наиболее часто применяются щелевые бункера.

В зависимости от требования производства выходные отверстия бункеров оснащены затворами или питателями, которые предназначены для удерживания материала от произвольного высыпания из бункера, а также для равномерной подачи на дальнейшую операцию технологического процесса.

Для обеспечения бесперебойного потока материала из бункера необходимо точно рассчитать геометрические параметры аккумулирующих устройств с учетом физико-механических свойств насыпного материала, для которого предназначается проектируемая установка.

Проектирование бункеров начинается подбором рациональной формы и установлением их геометрической схемы. Далее по заданной емкости и виду насыпного материала определяются все основные параметры.

Размеры выпускных отверстий. Нашими экспериментами установлено, что размер выходного отверстия значительно влияет на характер истечения винограда из бункеров и является решающим фактором для предотвращения застойных зон в толще материала. Естественно, что чем больше выходное отверстие, тем больше факторов для бесперебойного движения материала в бункере; с увеличением отношения размера выходного отверстия бункера к размеру кусков материала интенсивность истечения материала возрастает. Но следует отметить, произвольное увеличение выходных отверстий соответственно увеличивает габариты затворов и питателей, что в конечном итоге вызывает большое неудобство. Поэтому при проектировании выходных отверстий бункеров необходимо точно рассчитать наименьший допустимый размер, при котором начинается истечение материала.

К. В. Алферов предлагает формулы для определения наименьших допустимых выходных отверстий.

Для квадратной и круглой формы

$$a = k(D + 80)\,tg\alpha \text{ мм}. \qquad (29)$$

Для прямоугольной формы

$$b = \frac{1+n}{2\,n}\,k\,(D + 80)\,tg\alpha, \qquad (30)$$

где a — размер стороны выходного отверстия квадратного сечения или диаметра круглого сечения, мм;

D — размер максимальных кусков (ширина, длина), мм;

α — угол естественного откоса материала в условиях покоя;

k — опытный коэффициент, значение которого следует принимать для сортированного материала $k = 2{,}6$, для рядового материала $k = 2{,}4$;

b — меньшая сторона прямоугольника, мм;

$n = \frac{c}{b}$ — отношение сторон; c — большая сторона прямоугольника, мм.

Пределами применения уравнений (29), (30) являются: угол естественного откоса материала $\alpha = 30° - 50°$ и выше, причем при $\alpha > 50°$ в уравнение подставляется $\alpha = 50°$; максимальный размер кусков $D = 0 - 300$ мм.

На основании большого числа экспериментальных работ при изучении условий сводообразования Р. Л. Зенковым была выведена формула для определения наименьшего размера отверстия истечения, которая справедлива для плохосыпучих связных материалов:

$$a = \frac{2\,\tau_0(1 + \sin\varphi_0)}{k' \cdot \gamma}, \qquad (31)$$

где k' — коэффициент, который для круглого, квадратного и треугольного отверстия равен 0,5, а для щелевого — 1;

τ_0 — начальное сопротивление сдвигу, $H/м^2$;

φ_0 — угол внутреннего трения;

γ — объемный вес материала, $H/м^3$.

Начальное сопротивление сдвигу τ_0 при известной высоте вертикальной свободно стоящей стенки h_0 определяется зависимостью

$$\tau_0 = \frac{h_0\,\gamma}{2(f_0 + \sqrt{1 + f_0^2})}, \qquad (32)$$

где f_0 — коэффициент внутреннего трения.

Из приведенных формул (29); (30); (31); (32), следует, что при расчете выходных отверстий бункеров для винограда необходимо учитывать экспериментальные данные (размерная характеристика гроздей, объемная масса, угол естественного откоса, вертикальная свободно стоящая стенка и коэффициент внутреннего трения) и закономерности их изменения от различных факторов.

Размеры виноградных гроздей сорта Цоликаури колеблются в пределах: длина l =78—167 мм; максимальный условный диаметр D =40—110 мм, а для сорта Цицка соответственно l =82—180 мм, D =43—70 мм.

По крупности виноградные гроздья (сорта Цоликаури, Цицка) можно подразделить на следующие категории: мелкие гроздья длиной $l_м$ =70—100 мм, средние $l_{ср}$ =100—140 мм, крупные $l_к$ =140—180 мм. Следовательно, для отмеченных сортов винограда наименьшая частость (5—10%) наблюдается для гроздей длиной 70—100 мм (мелкие гроздья) и 140—180 мм (крупные гроздья), а наибольшей частостью характеризуются гроздья средней длины — 100—140 мм.

Для обоих сортов винограда наиболее редко (5%) встречаются гроздья с минимальным и максимальным условным диаметром D_{min} =40—50 мм и D_{max} = 90 — —100 мм. Часто встречаются гроздья среднего диаметра $D_{ср}$=55— 85 мм.

В пределах объема сосуда V=0,072—0,54 м³ наибольшей объемной массой характеризуется сорт винограда Цицка (γ_0=650—751 кг/м³), а минимальной — сорт винограда Цоликаури (γ_0=595—704 кг/м³). Значение объемной массы смешанного винограда Цоликаури—Цицка (50x50%) колеблется между ними.

Коэффициент статического уплотнения K_1, вызванный собственным весом винограда, находится в прямой зависимости от строения виноградных гроздей. Ягоды сорта Цоликаури (K_1 =1,179) расположены на расстоянии друг от друга, а гроздья сорта Цицка (K_1 =1,155) плотные. Поэтому при формировании гроздей сорта Цоликаури в бункере под действием статической нагрузки пути перемещения ягод в свободных промежутках больше, чем для сорта Цицка, и это обусловливает возрастание коэффициента уплотнения. Коэффициент статического уплотнения K_1, вызванный собственным весом винограда, всегда превосходит коэффициент K_2, полученный в результате слеживания винограда.

Угол естественного откоса винограда не является постоянной величиной. Он зависит от высоты слоя: чем выше этот слой, тем меньше оказывается угол, образуемый плоскостью откоса к горизонту. В пределах высоты слоя винограда h =250—750 мм угол естественного от-

коса колеблется: для сорта винограда Цоликаури $\alpha = 46°—21°$, для Цицка $\alpha = 35°—20°$ и для смешанного винограда (50×50%) — $\alpha = 43°—21°$.

Существуют два способа формирования угла естественного откоса: способ насыпания, при котором откос образуется падающими или скользящими сверху частицами материала, и способ обрушения, при котором откос образуется в толще груза. Установлено, что $\alpha_{об} > \alpha_{нас}$. Наибольшим углом обрушения характеризуется более связный сорт винограда Цоликаури ($\alpha_{об} = 54°$), а минимальным — менее связный сорт Цицка ($\alpha_{об} = 49°$). Значение смешанного винограда Цоликаури — Цицка (50×50%) находится между ними ($\alpha_{об} = 52°$). Таким образом, угол обрушения винограда зависит от связности виноградной массы; с увеличением связности угол обрушения увеличивается.

Высота вертикальной свободно стоящей стенки винограда зависит от строения и формы виноградных гроздей. Вертикально свободно стоящая стенка больше у сорта Цоликаури ($h_0 = 362$ мм), чем у сорта Цицка ($h_0 = 322$ мм). Значение высоты вертикальной свободно стоящей стенки для смешанного винограда Цоликаури — Цицка (50×50%) находится между ними ($h_0 = 340$ мм).

Угол внутреннего трения φ_0 зависит от высоты слоя винограда H. С увеличением высоты слоя (в пределах $H = 0{,}75—2{,}5$ м) угол внутреннего трения увеличивается незначительно: для сорта винограда Цоликаури от 11°14′ до 12°51′; для сорта Цицка — от 11°45′ до 13°09′; для смешанного винограда — от 11°22′ до 13° 02′.

Экспериментально установлено, что с увеличением ширины выходного отверстия a в интервале 500—700 мм объем над отверстием зоны A увеличивается в основном по ширине параболического цилиндра, что вызывает уменьшение «мертвой» зоны B и увеличение объема сплошного истечения винограда — зона C (см. рис. 32).

Угол наклона стенок и ребер. Для того, чтобы обеспечить непрерывное и равномерное истечение материала из бункеров, необходимо при проектировании правильно подобрать угол наклона стенок бункера. В противном случае может произойти неполное истечение материала, т. е. накопление его на стенках или образование свода.

Помимо этого, угол наклона стенок полностью меняет общий характер истечения материала.

К. В. Алферов рассматривает следующие три случая истечения сыпучего материала в зависимости от наклона стенок бункера:

1. Для того, чтобы обеспечить нормальное опорожнение бункера, необходимо выполнить следующее условие: $\alpha > \beta$, где α угол естественного откоса материала в покое; β — угол наклона стенок бункера относительно горизонтали.

2. В том случае, если $\alpha < \beta$ и $\varphi > \beta$, где φ — угол трения материала о стенки бункера, произойдет неполное истечение, т. е. на стенках бункера останется часть материала, который ограничится стенкой бункера и углом естественного откоса. При условии, когда $\alpha > \beta$ и $\varphi < \beta$ в самом конце опорожнения оставшийся в бункере материал внезапно соскользнет с его стенок.

3. Наблюдаются случаи, когда материал остается на ребрах, идущих от кромки отверстий. Для предотвращения такого случая необходимо, чтобы $\rho > \varphi$, где ρ — угол наклона ребра бункера к горизонту.

При определении углов наклона стенок бункеров, транспортирующих желобов и т. д. рекомендуются следующие соотношения:

$$\beta = \alpha + (5^\circ - 10^\circ);$$
$$\rho = \varphi + (5^\circ - 10^\circ). \qquad (33)$$

Для расчета угла наклона стенок бункеров винограда нами получены экспериментальные данные углов внешнего трения винограда о наиболее распространенные в винодельческой промышленности материалы. Установлено, что сорт винограда незначительно влияет на угол трения. В частности, получены средние показатели углов трения о различные материалы: бронза — $\varphi = 20^\circ - 21^\circ$; коррозионностойкая сталь — $\varphi = 20^\circ - 22^\circ$; сталь листовая — $\varphi = 23^\circ - 26^\circ$; фанера клееная — $\varphi = 29^\circ - 31^\circ$; дюралюминий — $\varphi = 21^\circ - 22^\circ$; органическое стекло — $\varphi = 19^\circ - 21^\circ$. Максимальные углы трения получаются при контакте сорта Цоликаури со всеми испытываемыми материалами.

Установлено, что с увеличением угла наклона стенок бункера от 20° до 60° объемы параболического цилиндра над выходным отверстием зоны А и «мертвой» зоны В уменьшаются, а объем зоны С (сплошного истечения винограда) увеличивается (рис. 31).

Пропускная способность и скорость истечения материала. Приведенные выше формулы (29), (30), (31) определяют минимальные размеры выходных отверстий, исходя из условий удовлетворительного истечения сыпучего материала. Но этих условий бывает не всегда достаточно для бесперебойной работы бункерных установок. Поэтому при большой производительности и относительно малых размерах расчетных отверстий следует проверить их на пропускную способность. Определение пропускной способности выходных отверстий К. В. Алферов и Р. Л. Зенков рекомендуют проводить по формуле

$$Q = 3600 \cdot v \cdot \gamma \cdot w \ {}^{\text{т}}/_{\text{час}}, \qquad (34)$$

где v — скорость истечения сыпучего материала через отверстие, м/сек;

γ — объемная масса сыпучего материала, т/м^3;

w — площадь отверстия истечения, м^2.

Теоретический метод определения скорости истечения материала из выходных отверстий разработан И. Г. Иванищевым, который предлагает следующую расчетную формулу, справедливую только для хорошо сыпучих материалов:

$$v = \sqrt{\frac{gR}{f_0}} \ {}^{\text{м}}/_{\text{сек}}, \qquad (35)$$

где v — скорость истечения материала, м/сек^2;

g — ускорение силы тяжести, м/сек^2;

R — гидравлический радиус отверстия, м;

f_0 — коэффициент внутреннего трения материала.

В дальнейшем Р. Л. Зенковым была разработана более совершенная формула, справедливая и для связных материалов:

$$v = \lambda \sqrt{2g\left(1{,}6\,R - \frac{\tau_0}{\gamma f_0}\right)} \ {}^{\text{м}}/_{\text{сек}}, \qquad (36)$$

где γ — коэффициент истечения;

τ_0 — начальное сопротивление сдвигу, Н/м^2;

λ — объемный вес материала, Н/м^3.

Для использования приведенных расчетных формул для винограда нами изучены все параметры, входящие в эти формулы.

Экспериментально установлено, что в пределах ширины выходного отверстия $a = 500—750$ мм (при $\beta = 40° = const$) средняя скорость истечения для сорта Цоликаури составляет $v_{ср} = 0{,}35—0{,}48$ м/сек, а для Цицка — $v_{ср} = 0{,}35—0{,}58$ м/сек. Причем с увеличением ширины щелевого отверстия средняя скорость истечения винограда увеличивается. После достижения максимального значения увеличение средней скорости почти прекращается.

С увеличением угла наклона стенок бункера $\beta = 20°—30°$ средняя скорость истечения винограда уменьшается, а с дальнейшим увеличением $\beta = 40°—60°$ скорость возрастает.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алферов К. В. Бункеры, затворы и питатели, Машгиз, 1946.

2. Гячев Л. В. Движение сыпучих материалов в трубах и бункерах. «Машиностроение», Москва, 1968.

3. Залдастанишвили Н. К., Курдадзе А. Д., Саралидзе Б. Э. Устройство для отделения сусла от мезги. Авторское свидетельство № 386990 от 29. XI. 71.

4. Залдастанишвили Н. К., Саралидзе Б. Э. Изменение объемной массы винограда от статической нагрузки. Труды Груз. сельскохозяйственного ин-та, том XXXV, Тбилиси, 1972.

5. Залдастанишвили Н. К., Саралидзе Б. Э. Изменение угла естественного откоса винограда в зависимости от статической нагрузки. «Виноделие и виноградарство СССР», № 7, Москва, 1972.

6. Залдастанишвили Н. К., Саралидзе Б. Э. Гранулометрический и весовой состав виноградных гроздей. Труды ГПИ им. В. И. Ленина, № 7 (163), Тбилиси, 1973.

7. Залдастанишвили Н. К., Саралидзе Б. Э. К вопросу истечения винограда из бункеров с плоскими днищами. Труды ГПИ им. В. И. Ленина, № 7 (163), Тбилиси, 1973.

8. Залдастанишвили Н. К., Саралидзе Б. Э. Определение вертикальной свободно стоящей стенки, угла обрушения и углов внешнего трения винограда. Труды Груз. сельскохозяйственного ин-та, том XXXVI, Тбилиси, 1973.

9. Залдастанишвили Н. К., Курдадзе А. Д., Саралидзе Б. Э. Приемный бункер винограда с дробилкой, гребнеотделителем и устройством предварительного отбора самотека. «Виноделие и виноградарство СССР», № 1, Москва, 1974.

10. Зенков Р. Л. Механика насыпных грузов. «Машиностроение», Москва, 1964.

11. Зайчик И. Р. Оборудование предприятий винодельческой промышленности. «Пищевая промышленность», Москва, 1968.

12. Иванищев И. Г. Определение пропускной способности бункерных устройств (кандидатская диссертация), МЭМИИТ, Москва, 1948.

13. Курдадзе А. Д., Ревазишвили Р. Д. Роторно-карусельная линия переработки винограда. «Виноделие и виноградарство СССР» № 3, Москва, 1972.

14. Кецховели Н. Н., Рамишвили М. А., Табидзе Д. И. Ампелография Грузии. Изд. АН Гр. ССР, Тбилиси, 1960.

15. Платонов П. Н., Банин Е. А. Пропускная способность выпускных отверстий силосов и бункеров. «Мукомольно-элеваторная промышленность», № 8, Москва, 1958.

16. Яковлев П. М., Харитонов Н. Ф. и др. Технологическое оборудование винодельческих предприятий. Изд. «Пищевая промышленность», Москва, 1964.

17. Итоги всесоюзной переписки 1970 г. плодово-ягодных, цитрусовых, тунговых насаждений и виноградников. Том IV ЦСУ при СМ Гр. ССР, Тбилиси, 1972.

18. კაკალაშვილი ა. ნ. ყვების მრეწველობის საწარმოთა ტექნოლოგიური მოწყობილობების გაანგარიშებისა და კონსტრუირების საფუძვლები. გამომცემლობა „განათლება“, თბილისი, 1972.

19. მესარქიშვილი ს. ს. ღვინისა და კონიაკის ქარხნების მანქანა-აპარატები. გამომცემლობა „განათლება“, თბილისი, 1973.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие . . . 3

Глава первая. **Некоторые сведения по технологии производства первичного виноделия**

§ 1. Основные технологические операции по переработке винограда 5
§ 2. Поточные линии переработки винограда . . . 6
§ 3. Основные недостатки приемных бункеров-питателей винограда и задачи исследования . . . 16
§ 4. Краткая характеристика производственных имеретинских (Западная Грузия) сортов винограда . . 21

Глава вторая. **Некоторые механические свойства винограда**

§ 1. Гранулометрический и весовой состав виноградных гроздей 25
§ 2. Изменение объемной массы винограда от статической нагрузки 31
§ 3. Вертикальная свободно стоящая стенка винограда 36
§ 4. Угол обрушения винограда 38
§ 5. Коэффициенты внешнего статического трения . 40
§ 6. Изменение угла естественного откоса винограда в зависимости от статической нагрузки . . . 42
§ 7. Корреляционные связи между углом естественного откоса, высотой вертикальной свободно стоящей стенки и углом внутреннего трения . . . 46

Глава третья. **Изучение процесса истечения винограда из бункеров**

§ 1. Установление формы бункеров для исследования истечения 49
§ 2. Истечение винограда из бункеров с плоскими днищами 50
§ 3. Истечение винограда из бункеров с щелевыми днищами 57

Глава четвертая. **Приемный бункер винограда — основное звено поточного производства первичных винзаводов**

§ 1. Модель приемного бункера с дробилкой и устройством предварительного отбора самотека . . 81

§ 2. Опытно-промышленная установка приемного бункера с дробилкой, гребнеотделителем и устройством предварительного отбора самотека . . . 84

§ 3. Агрегат непрерывного действия для переработки винограда 92

§ 4. Практическое использование экспериментальных данных при конструировании бункеров для винограда 96

Литература 104

ნოდარ კონსტანტინეს ძე ზალდასტანიშვილი
გორის ერასტის ძე სარალიძე

პირველადი ღვინის ქარხნების ყურძნის მიმღები
ბუნკერების გაანგარიშების საფუძვლები
(რუსულ ენაზე)

გამომცემლობა „საბჭოთა საქართველო“
თბილისი — 1974

Редактор Н. Михайлова
Художник Т. Бичинашвили
Художественный редактор Г. Тухашвили
Технический редактор Д. Ртвелиашвили
Корректор Т. Метревели
Выпускающий Г. Бенидзе

Сдано в набор 17/I 74 г. Подписано к печати 30/IV 74 г. Печатная бумага № 1. 84x108¹/₃₂. Усл.-печ. л. 5.67. Уч.-издат. л. 4.96. УЭ 08469.
Тираж 1000. Зак. № 97.
Цена 30 коп.

Издательство «Сабчота Сакартвело»,
Тбилиси, Марджанишвили, 5

საქართველოს სსრ მინისტრთა საბჭოს გამომცემლობათა, პოლიგრაფიისა
და წიგნის ვაჭრობის საქმეთა სახელმწიფო კომიტეტის
სტამბა № 10, ცხინვალი, მოსკოვის ქ., № 5.

Типография № 10 Государственного комитета Совета Министров Грузинской ССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли, Цхинвали, Московская, 5.