

Потери сахара в водяном транспортере мерзлой сахарной свеклой, длительно промерзавшей в температурных условиях сибирской зимы.

Потери сахара в водяном транспортере мерзлой сахарной свеклой, длительно без оттепелей промерзавшей в естественных условиях сибирской зимы, представляют собой вопрос, на который ни производственная практика сахарных заводов, ни специальная литература сахарной промышленности пока не могут дать какого-либо определенного ответа, необходимого в настоящее время для строящегося Алтайского сахарного завода. Причина этого лежит в том, что замороженная в условиях сибирской зимы и длительно в этом состоянии сохраняемая во время производственной кампании свекла, являясь естественным сырьем для сибирских сахарных заводов, представляется глубоко изменившейся в своих обычных свойствах, составе и структуре. Это заставляет ожидать возможности иных потерь ею сахара в водяном транспортере не только сравнительно со свежей незамороженной сахарной свеклой, но и по отношению к мерзлой свекле, встречающейся эпизодически в практике отдельных сахарных заводов существующих европейских свеклосахарных районов. Если принять во внимание неопределенность и разнообразие условий замораживания сахарной свеклы и, кроме того, учесть неизбежность оттаивания ее, нередко с повторностью этих явлений, то станет понятным, что с представлением „мерзлая свекла“ сахарная промышленность была лишена возможности связать что-либо определенное. Этим же объясняется крайняя скудность, неясность и часто разноречивость отдельных сведений литературы сахарной промышленности о мерзлой свекле. Еще меньше имеется данных о потере сахара такой свеклой в водяных транспортерах. При таком положении очевидно, что вопрос о потерях в водяном транспортере мерзлой свеклой при сибирских условиях ее замораживания, естественно, представляется уже совершенно открытым и требующим соответствующего освещения или практическим или лабораторным путем. Такое требование стоит в связи с тем, что названные потери могут оказаться, как это можно ожидать, достаточно значительными, имеющими известное влияние на рентабельность сибирских сахарных заводов. При таких условиях вполне естественно, что для последних могут появиться в специальных чисто сибирских условиях новые требования на известные изменения или в оборудовании завода, или в производственно-технологических процессах, в целях снижения или устранения тем или иным путем указанных выше потерь сахара мерзлой свеклой в водяных транспортерах.

В недавно вышедшей монографии „Гидравлические транспортеры“ проф. Кухаренко и Литовченко дается сводка того немногого, что отразилось в литературе по интересующему нас в данном случае вопросу. Не касаясь здесь перечня имен отдельных исследователей и деталей

их опытов, отметим только главнейшее из имеющегося в них о потерях в водяном транспортере как свежей, так и мерзлой свеклой. Проф. Классен для свежей свеклы в условиях заводской обстановки определяет эту потерю в пределах 0,02—0,03% с максимумом до 0,05% по весу свеклы. При мерзлой свекле Классен наблюдал резкое повышение потерь сахара в водяном транспортере, достигавшее до 0,6% по весу свеклы. Э. Карлсон считает нормальной потерей сахара свежей свеклой в водяном транспортере при длине его в 400 метров и холодной воде от 0,02 до 0,05% по весу свеклы, тогда как те же потери при мерзлой свекле в условиях теплой воды и при длине транспортера до 1000 метров принимаются им до 0,02% и больше по весу свеклы. Бодри для 10 минут при температуре воды 18° установил потерю сахара мерзлой свеклой в 0,6—0,7% по ее весу. Мительман соответствующую величину определяет в 0,4—0,7%.

Результаты опытов как упомянутых выше, так и других исследователей, отличаясь друг от друга в установлении численного значения величины потери мерзлой свеклой, все единодушно констатируют общее положение о резком различии размеров этих потерь в водяном транспортере в отношении незамерзшей и замороженной сахарной свеклы. В то время, как в среднем первая теряет 0,02—0,05%, мороженая свекла в тех же условиях теряет до 2,0% и более по своему весу. При чем большинство авторов, как и проф. Классен подчеркивают, что преобладающее значение в этом отношении принадлежит состоянию свеклы. А так как состояние сахарной свеклы, подвергавшейся длительному промораживанию в условиях сибирской зимы является совершенно своеобразным, необычным и неизвестным для сахарной промышленности, то поэтому и потери такой мерзлой свеклы будут, как можно предположить, совершенно иными, чем при перечисленных выше исследованиях.

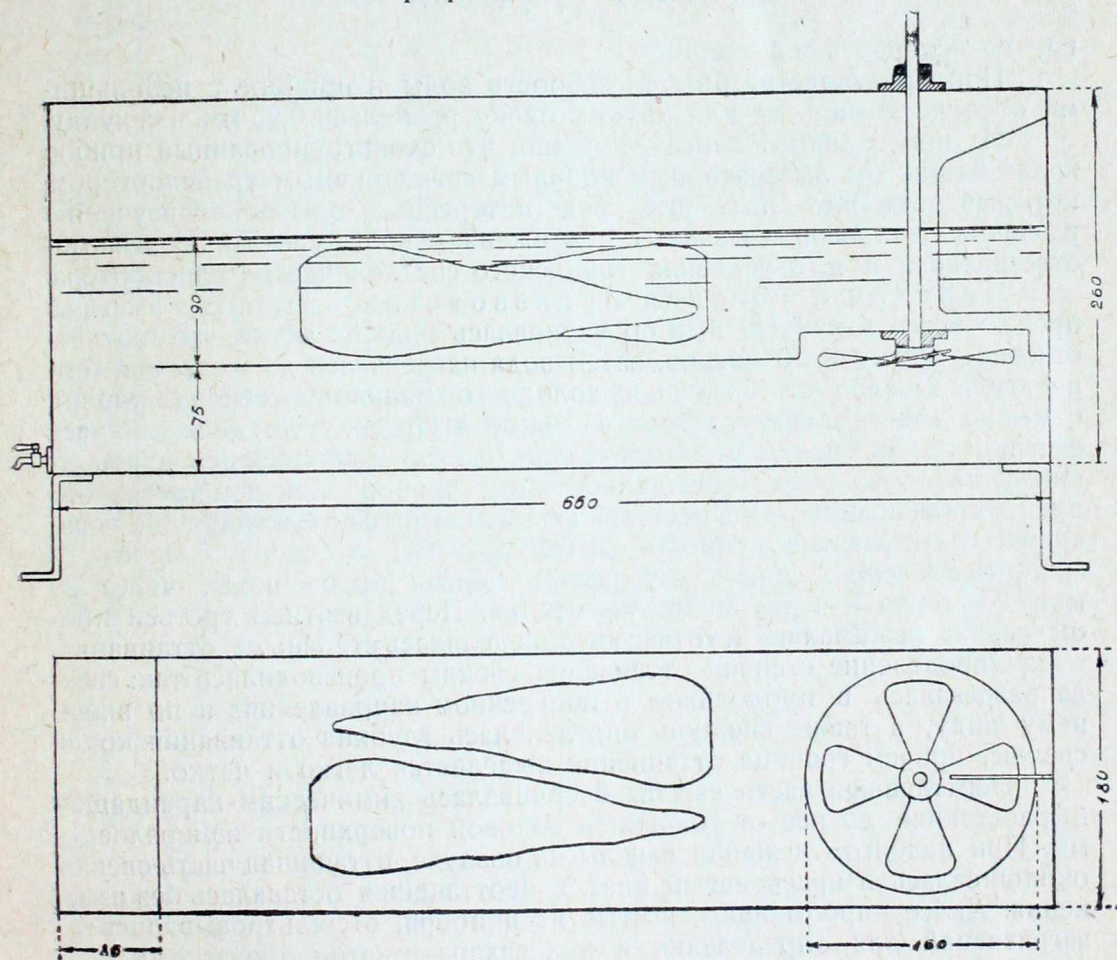
В своем стремлении разрешить этот вопрос, мы лишены возможности поставить соответствующие опыты на каком-либо заводском водяном транспортере в сибирских условиях, так как теперь идет только постройка первого сахарного завода в Сибири. Поэтому поставленный вопрос приходится разрешать чисто лабораторным путем, на чем и остановимся ниже.

Для производства опытов в лабораторном масштабе, необходимо было сконструировать прибор, в котором можно было бы создавать для мерзлой сахарной свеклы те же условия, которые имеются в заводском гидравлическом бурачном транспортере и от чего зависит величина потерь сахара свеклой. Такими факторами являются—абсолютная скорость смеси воды и свеклы и относительная скорость воды и свеклы. Абсолютная скорость определяет собой длительность пребывания свеклы в воде транспортера, относительной же скоростью устанавливается количество воды, которое участвует в вымывании из свеклы сахара. В отношении относительной скорости Войнич-Сяножецкий говорит, что свекловичные корни вследствие собственной инерции и взаимных толчков движутся со скоростью на 30% меньше скорости воды. Эта относительная скорость и была осуществлена в нашем приборе. Два других фактора, могущих влиять на потери сахара свеклой—время пребывания свеклы в воде и температура воды определяются заданием, а осуществление их не представило никакого труда.

Устройство оригинального прибора, сконструированного по идее проф. С. В. Лебедева, дается ниже.

Длинный, из оцинкованной жести ящик, размер $660 \times 180 \times 260$ мм., над дном которого на расстоянии 75 мм. имеется горизонтальная перегородка тоже из оцинкованной жести, разделяющая пространство ящика на две части - верхнюю и нижнюю. В этой перегородке имеется два отверстия—одно круглое, с диаметром 160 мм. и другое четырехугольное—размерами 82×170 мм. Круглое отверстие имеет по краям вверху кромку высотой в 32 мм. В круглое отверстие входят лопасти гребного винта, который приводится во вращение через посредство шкива, насаженного на его ось и передаточного колеса с приводным ремнем от электрического мотора.

Опытный лабораторный водяной, свекловичный транспортер системы проф. С. В. Лебедева.



Скорость вращения винта регулируется, сообщая при помощи реостата то или иное число оборотов валу мотора. При вращении винта им сообщается воде поступательное движение и, таким образом, в приборе создается циркуляция воды. Вода движется между дном и перегородкой ящика, затем выходит вверх в круглое отверстие перегородки и поверх ее движется уже в обратном направлении вследствие того же поступательного и засасывающего в данном случае действия винта, а дальше движение воды повторяется в том же порядке. Чтобы

установить получающиеся при работе винта вихревые движения воды, к боковой стенке ящика, у которого работает винт, прикреплен водорез.

Весь прибор в целом установить на железной раме. Под дном ящика находится газовая горелка. Общая емкость прибора равна 30 литрам. Рабочая емкость равняется 20 литрам.

Скорость движения воды в приборе определяется посредством вертушки Вольтмана фирмы Амстера. Вертушка через каждые 25 оборотов замыкает цепь, в которую включены элемент и электрический звонок; при замыкании звонок звонит. Время, протекающее от одного звонка до другого, отсчитывается в секундах по секундомеру и среднее из нескольких отсчетов подставляется в формулу:

$$V = 0,047 + \frac{8,225}{t}, \text{ для } t > 19,$$

где V — скорость и t — время.

При производстве опытов скорость воды в приборе с небольшими отклонениями в ту или иную сторону равнялась 0,25 мм. в секунду.

Из приведенного описания видно, что сконструированный прибор является как бы лабораторным водяным свекловичным транспортером, который позволяет поставить ряд интересных опытов по изучению различных вопросов, связанных с движением воды, свеклы, их взаимоотношения и т. д. в условиях заводского свекловичного транспортера.

Порядок и условия производства опытов таковы: прежде всего в данный прибор наливалась вода до метки, что соответствовало об'ему в 20 литров, затем вода нагревалась до желаемой температуры. После этого бралась из холодного хранилища свекла (2 корня), отмечалась ее температура (точнее — температура воздуха, где находилась свекла); корни свеклы предварительно быстро взвешивались и неподвижно на проволоках помещались воду прибора, при чем замечалось время; приведением ручки реостата в определенное положение воде транспортера сообщалась скорость, равная 0,25 мт. в секунду. Через 10 минут после начала опыта отбиралась первая проба воды, через 20 минут — вторая и через 30 минут — третья. Перед взятием третьей пробы свекла вынималась и тотчас же определялась степень ее оттаивания.

Определение степени оттаивания свеклы производилась так: свекла разрезалась в продольном и поперечном направлениях и по внешнему виду, а также наощупь определялась глубина оттаивания корня свеклы, причем граница оттаивания выделяется легко и четко.

Неоттаявшая часть свеклы очерчивалась химическим карандашом и расстояние до нее от головки и боковой поверхности измерялось в мм. При недолгом лежании свеклы на воздухе, оттаявшая часть свеклы окрашивалась в красноватый цвет, а неоттаявшая оставалась без изменения. Далее — пробы воды, взятые из прибора, отфильтровывались от загрязнений для определения в них сахара и затем производилось и самое определение количества сахара в этих пробах воды.

Определение сахара во взятых пробах воды производилось по методу Бертрана. При мерзлой свекле в большинстве случаев это велось без предварительного выпаривания воды. В случаях же, когда было необходимо увеличение концентрации сахара в воде из прибора, последняя выпаривалась до определенно уменьшенного против первоначального об'ема. Первоначально это велось при обычном давлении, затем из опасения возможных потерь сахара выпаривание велось в колбе под разряжением.

Результаты опытов представлены в таблице I и II.

Потери сахара в весовых % мерзлой свеклой за время 10-20-30 минутного нахождения ее в 20 лт. воды при скорости 0,25 мер. в секунду и при различных температурах.

Число и месяц опыта	Температура в °С		Потери сахара мерзлой свеклой по весу свеклы, при нахожд. ее в воде прибора в течение:			Отношение потерь сахара в зависимости от времени		Глубина оттаивания свеклы после опыта		ПРИМЕЧАНИЕ
	Свеклы перед опы-том	Воды в приборе при опыте	10 мин.	20 мин.	30 мин.	времени	С головки в мм.	С боковой поверхности в мм.		
									Среднее 1:2:3	
25/II	-22°	20°	0,24	0,54	0,90	1:2,2:3,7	оттаял наружный слой	—	Свекла хранилась в кагате на дворе.	
19/III	-4°	30°	0,53	0,74	0,91	1:1,4:1,7	30	15		
22/III	-6°	30°	0,48	0,96	1,52	1:2,0:3,2	—	—		
28/I	-36°	35°	0,48	0,64	0,87 ²⁾	—	—	—		
14/III	-4°	35°	0,50	1,24	1,93	1:2,5:3,8	22	20		
23/I	-25°	45°	0,55	1,29	1,98	1:2,3:3,6	22	22		
4/II	-30°	45°	0,41	0,79	1,07	1:2,0:2,6	23	20		
21/I	-27°	50°	0,78	1,71	2,46	1:2,2:3,2	25	22		
4/II	-35°	55°	0,45	0,88	1,46	1:1,8:3,2	—	—		
8/I	-5°	50°	0,92	—	—	—	оттаяла почти вся	—	Свекла другой партии, хранившейся в подвале при средней -5°С.	
16/I	-5°	55°	0,96	1,52	2,25	1:1,6:2,3	—	—		
11/I	-5°	55°	—	—	3,52	—	—	—		
29/III	-6°	30°	0,35	0,60	0,96	1:1,7:2,7	20	15		
29/III	-6°	35°	0,72	1,54	2,55 ³⁾	1:2,1:3,5	30	20		
26/III	-12°	45°	0,40	0,64 ¹⁾	0,85	—	30	27	Свекла хранилась на дворе.	
26/III	-6°	50°	0,87	1,55	2,40	1:1,99:2,8	35	25		

Среднее 1:2:3

1) Последнее 10 мин. в спокойной воде. 2) Последнее 5 мин. в спокойной воде. 3) Первые 5 мин. в спокойной воде.

Качество сахарной свеклы, применяемой в опытах, характеризуется доброкачественностью нормального сока 82,4—83,9, в отдельных случаях снижавшейся до 81,6, при содержании сахара в свекле от 15,6 до 17,7%.

В приводимой ниже таблице II помещены результаты нескольких опытов, при которых свекла находилась в спокойной воде. Эти опыты проведены с той целью, чтобы выяснить, насколько влияет на потери сахара мерзлой свеклой движение воды.

Т а б л и ц а II.

Потери сахара мерзлой свеклой в спокойной воде.

Число и месяц	Температура в °С		Количество воды в при- боре в литрах	Потери сахара в % по весу свеклы за время:			Глубина оттаивания свеклы после опыта в мм.	
	Свеклы до опыта	Воды в при- боре при опыте		10 мин.	20 мин.	30 мин.	С головки корня	С боковой пов. корня
16/II	-15°	55°	8	—	—	0,69	28	25
16/II	-15°	55°	20	—	—	0,87	28	25
19/II	25°	55°	7	—	—	0,98	20	20
19/II	-25°	55°	18	—	—	0,98	20	20
4/III	0°	45°	12	0,25	0,37	0,85	20	20

Из приведенных данных видно, во-первых, то, что потери сахара в спокойной воде, при сравнении их с потерями сахара для свеклы, находящейся в текучей воде, при одинаковых температурах воды и одинаковом времени пребывания в ней, приблизительно в 2-2,5 раза меньше; во-вторых, что количество спокойной воды, в которое погружалась свекла, не отражается на величине потерь сахара свеклой. Это говорит за то, что увеличенные потери сахара при омывании свеклы текучей водой получаются потому, что в неподвижной воде в извлечении сахара участвует, главным образом, вода, только непосредственно соприкасающаяся с поверхностью свеклы, тогда, как при движении соприкасается с поверхностью свеклы гораздо большая масса воды, а потому и извлечение сахара из свеклы здесь идет сильнее.

Свекла, бравшаяся для всех опытов, при ее продольном разрезе была в середине корня плотной, замерзшей и имела совершенно свежий вид, тогда как около поверхности корня масса его представлялась оттаявшей, рыхлой и как-бы пористой.

Представленные в таблицах I и II опыты производились исключительно с замороженной в Сибири свеклой. Величина найденных потерь в водяном транспортере была установлена в условиях сконструированного проф. С. В. Лебедевым лабораторного транспортера, отражающего в своей работе в значительной мере то характерное, что имеет место при заводском свекловичном водяном транспортере.

Таким образом, можно сравнивать потери сахара свежей свеклой, установленные заводской практикой, с тем, что найдено в рассматриваемых опытах при лабораторном исследовании. Но для того, чтобы еще определеннее произвести это сопоставление, в зимний период 1929/30 года были еще поставлены параллельные опыты с одной стороны—с незамороженной, сахарной свеклой сохранявшейся в подвале с температурой около $+3^{\circ} + 4^{\circ}$, с другой—с такой же свеклой, но промораживавшейся от 2 до 4 недель в период декабрь-январь непосредственно в естественных условиях наружного воздуха Сибири, в это время зимы. Свекла эта была сразу заморожена при температуре -24°C .

Результаты этих двух серий опытов, проведенных при одинаковых условиях на вышеописанном лабораторном водяном транспортере с ранее установленной относительной скоростью воды в 0,25 метр-секунда, приводятся ниже.

Таблица III.

Потери сахара в % по весу свеклы.

ВРЕМЯ	Температура воды		
	30°	40°	50°
20 минут	0,008%	0,016%	0,017%
40 "	0,009%	0,020%	0,020%

Соответствующие данные для свеклы, промораживавшейся около двух недель на дворе при минус $25-30^{\circ} \text{C}$., даются в таблице IV.

В этой таблице даны потери сахара замороженной свеклой по ее весу при температурах от -10° до -50°C включительно, при длительности нахождения в водяном транспортере от 10 до 40 минут.

Таблица IV.

Потери сахара в % по весу свеклы.

Время в минутах	Температура воды в $^{\circ}\text{C}$		Примечание
	40°	50°	
20 минут	0,37%	0,51%	Температура замораживания свеклы $20-25^{\circ} \text{C}$ при длительности замораживания две недели.
30 "	0,53%	0,78%	
40 "	0,65%	1,05%	

Т а б л и ц а V.

Потери сахара в % по весу свеклы.

Время в минутах	Температура воды в °С					Примечание
	10°	20°	30°	40°	50°	
10 минут	0,16	0,20	0,31	0,38	0,42	Температура замораживания свеклы минус 20-45° С при длительности замораживания 4-5 недель.
20 "	0,20	0,24	0,43	0,58	0,78	
30 "	0,30	0,39	0,75	0,81	1,01	
40 "	0,39	0,48	1,20	1,10	1,51	

Таблицы IV и V показывают, что потери сахара замороженной свеклой возрастают при повышении температуры воды и при увеличении длительности пребывания замороженной свеклы в воде, а также в связи с удлинением времени промораживания.

Начальная температура свеклы как в этих опытах, так и произведенных ранее, не проявляла заметного действия на величину потерь сахара свеклой.

Для выяснения того, как скоро проявляется влияние замораживания свеклы на увеличение потери ею сахара в водяном транспортёре, были поставлены опыты с кратковременным промораживанием свеклы, с сильным, сразу наступающим охлаждением в течение от 6 до 24 час. и затем по двое, трое и четверо суток. Охлаждение велось, подвергая свеклу, взятую из подвала, где она хранилась при температуре выше 0°, действию наружного воздуха при минус 35° и ниже—до минус 48 С.

Промороженная так свекла помещалась в водяном лабораторном транспортёре указанного устройства, где и держалась по 20 минут для каждой пробы определенной длительности замораживания. Результаты этого испытания представлены в таблице VI.

Из таблицы VI видно, что уже 6 часов промораживания при минус 36° С совершенно определено повышают потери сахара в свекле в течение двадцати-минутного нахождения ее в водяном транспортёре при 30° и 50° С.

Т а б л и ц а VI.

Потери сахара в % по весу свеклы.

Время	Температура в °С		Примечание
	30	50	
6 часов	0,09	0,08	Температура промораживания свеклы от минус 35 до минус 48° С.
1 сутки	—	0,15	
2 суток	0,16	0,36	
3 "	0,16	0,52	
4 "	0,27	0,72	

ВЫВОДЫ.

На основании полученных экспериментальных данных в отношении потерь сахара в воде гидравлического транспортера свеклой, замороженной и длительно хранившейся в естественных условиях сибирской зимы, можно сделать такие выводы:

1. Потери сахара в водяном транспортере мерзлой свеклой значительно выше, чем таковые же для нормальной незамерзавшей сахарной свеклы.

2. Уже кратковременное в несколько часов замораживание свеклы способствует заметному повышению указанных потерь.

3. Потери эти в неподвижной воде значительно меньше, чем в движущейся.

4. Потери сахара замороженной свеклой в водяном транспортере возрастают при:

- а) увеличении длительности замораживания свеклы;
- б) снижении температуры замораживания;
- в) увеличении времени нахождения свеклы в транспортере;
- г) с повышением температуры воды водяного транспортера.

5. При температурах воды около 50° С и длительности пребывания свеклы в воде 30 минут глубина оттаивания свеклы достигает до 30 мм. вглубь корня, уменьшаясь с понижением температуры и сокращением времени.

6. Начальная температура замороженной свеклы на величину потерь ею сахара и на глубину оттаявшего слоя ее корня не оказывает заметного влияния.

Г. Томск.

Лаборатория Питательных Веществ
Сибирского Технологического
Института.