

## **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.

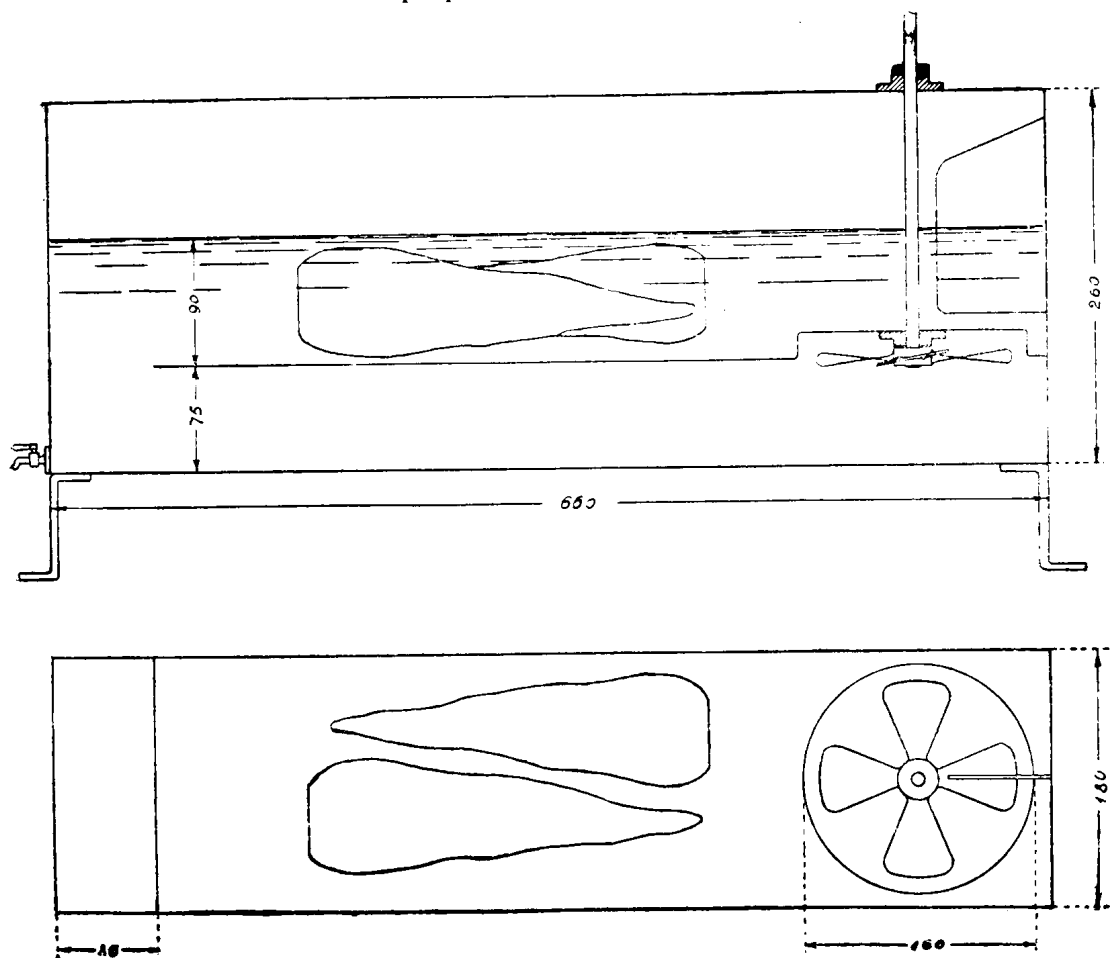
В своем стремлении разрешить этот вопрос, мы лишены возможности поставить соответствующие опыты на каком-либо заводском водяном транспортере в сибирских условиях, так как теперь идет только постройка первого сахарного завода в Сибири. Поэтому поставленный вопрос приходится разрешать чисто лабораторным 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  $82 \times 170$  мм. Круглое отверстие имеет по краям сверху 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 в 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.

Т а б л и ц а 1.

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-	Воды в том опыте	10 мин.	20 мин.	30 мин.	время	С головки в мм.	С боковой поверхности в мм.		
25/II	-22°	20°	0,24	0,54	0,90	1:2,2:3,7	30	15	Свекла хранилась в кагате на дворе.	
19/III	-4°	30°	0,53	0,74	0,91	1:1,4:1,7	—	—		
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 <sup>2)</sup>	—	—	—		
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	—	—	—	—	—		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		Свекла хранилась на дворе.
29/III	-6°	35°	0,72	1,54	2,55 <sup>3)</sup>	1:2,1:3,5	30	20		
26/III	-12°	45°	0,40	0,64 <sup>1)</sup>	0,85	—	30	27		
26/III	-6°	50°	0,87	1,55	2,40	1:1,99:2,8	35	25		

Среднее 1:2:3

<sup>1)</sup> Последние 10 мин. в спокойной воде. <sup>2)</sup> Последние 5 мин. в спокойной воде. <sup>3)</sup> 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  $-24^{\circ} \text{C}$ .

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.

Т а б л и ц а 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  $-10^{\circ}$  до  $-50^{\circ} \text{C}$  включительно, при длительности нахождения в водяном транспортере от 10 до 40 минут.

Т а б л и ц а IV.

## Потери сахара в % по весу свеклы.

Время в минутах	Температура воды в $^{\circ} \text{C}$		П р и м е ч а н и е
	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.