

BULLETIN

of the Siberian Institute of Technology. Siberia. Russia.

Vol. 47—Number—6.

1927.

ИЗВЕСТИЯ

Сибирского Технологического Института.

Том 47 (I). Выпуск 6.

С. В. Лебедев, проф.

Анализ явления отсыревания сахара.

ТОМСК.

1927.

Напечатано в типо-ли-
тографии Томской ж. д.
Макаровский пер. № 6.
Томск, Окрлит № 1312.
Тираж 350 экз.

Анализ явления отсыревания сахара, как руководящее основание для устройства и обслуживания сахарных складов.

Вопрос хранения сахара в промышленных условиях, т. е. при длительном нахождении значительных масс песка или рафинада на складах, уже с давних пор привлекал к себе серьезное внимание практиков, а позднее теоретиков сахарной промышленности. Причина этого в том, что требование успешного хранения, обеспечивающего количественную и качественную целостность длительно хранимого сахара в громадном большинстве случаев практически оказывается не осуществимым. Обсыхание и еще чаще отсыревание сахара, связанное с его изменением и порчей, представляется обычным явлением, особенно сильно сказывающимся в определенное время года. В связи с этим, начиная с семидесятых годов XVIII столетия в литературе появляется целый ряд статей, посвященных вопросам изменения сахара при его хранении.

Останавливаясь на главнейшем, можно отметить следующее. Weinzierl¹⁾ был первым, обратившим еще в 1869 г. внимание на изменения сахарного песка при хранении его как в лаборатории—в банках, так и на складах—в кучах. При этом было выяснено, что первоначально совершенно однородный сахарный песок с течением времени оказывался неодинаковым по своему химическому составу в различных частях хранимой массы. Причина этого оказалась в стекании с верхних слоев массы сахара оттока, покрывающего тонким слоем поверхность каждого сахарного кристаллика; при чем этот оттек, постепенно собираясь в нижних слоях сахара, вызвал его местное относительное ухудшение. Таким образом, была найдена чисто механическая причина изменения качества сахара при хранении.

Strohmer²⁾ изучил отношение сахара сырца к хранению, расширил наблюдение Weinzierl'я, установив, что порча сахара зависит также и от изменений содержащегося в песке оттока, чистая же сухая сахароза в сухом помещении может без изменения сохраниться годами. В связи с мнением, что порча сахара зависит от способов его производства (наличность или отсутствие угольной фильтрации, сульфитации и т. п.). Bodenbender³⁾ и Degener⁴⁾, исследуя лежалые пески, нашли в них признаки инверсии и установили, что независимо от способов получения, отсутствие в сахаре щелочной реакции способствует при продолжительном хранении порче его. Необходимость определенной щелочности сахара для успешного хранения категорически подтверждает Lippmann⁵⁾. Е. и R. Melckebeke⁶⁾ причины изменения сахара подразделяют на внутренние и внешние. К первым относятся: влияние щелочности и влияние содержания воды в сахаре; ко вторым, т. е. внешним—относятся: влияние микроорганизмов, температуры и, наконец, действие водяных паров, «поглощаемых сахаром».

1) Ver. Zeitschr. 1869 г. 562 стр.

2) Oest. Hng. Ztschr. f. Z. Jnd. 1893 г. 216 стр.

3) Ver. Ztschr. 1884 г. 559 стр.

4) Там же 1884 г. 565 стр.

5) Ver. Ztschr. 1896 г. 516 стр.

6) Sucrerie belge 1899—1900 г. 540 стр.

Позже вопрос об отношении микроорганизмов к порче сахара при хранении выдвигали и изучали Jesser¹⁾ Poüpe²⁾ Shorey³⁾ и Gillot⁴⁾ Geerlings и Kammerling,⁵⁾ Schöne⁶⁾, Zettnow⁷⁾ и другие.

В общем установлено, что в хранимом на складах сахаре всегда содержится достаточно большое количество разнообразных микроорганизмов. Последние могут инвертировать сахар и подвергать его иным дальнейшим изменениям. Однако работа микроорганизмов в хранимом сахаре в большинстве случаев не является первичным процессом, вызывающим его порчу, так как для развития находящихся в сахаре микроорганизмов необходимы определенные условия и прежде всего тепло и влага. Но последней в нормальном сахарном песке и рафинаде слишком мало для того, чтобы микроорганизмы могли проявить свою жизнедеятельность в массе сахара. Поэтому обычно развитию микроорганизмов в сахаре предшествуют процессы обогащения последнего влагой. В связи с тем, что в сахар попадают всевозможные представители микрофлоры, имеющиеся вообще в воздухе и в частности в воздухе сахарного завода, складов, а также на мешках и вообще на всем том, с чем соприкасается сахар, то поэтому здесь нет нужды перечислять отдельных представителей микроорганизмов открытых и возможных в сахаре в промышленной обстановке. Очевидно, что тут имеют место обычный *Penicillium glaucum*, различные виды *Aspergillus* и *Mucor*'ов разнообразные бактерии: молочнокислые, маслянокислые, гнилостные, и многие другие. Иногда попадает *Leuconostoc* и т. д.

Все это говорит о том, что забота о строгой чистоте в заводе и складе не должна упускаться из вида, как и сухость сахара и самого склада для его хранения.

Geerlings⁸⁾ рассматривает влажность только как первое условие для порчи сахара, а собственно причину этой порчи относит: а) к влиянию содержащейся в сахаре золы, б) к кислотности сахара и в) к работе в нем микроорганизмов. Таким образом, к прочим уже ранее выдвигавшимся факторам, присоединяется еще новый, именно, отрицательное влияние на сохраняемость сахара содержащихся в нем нес сахаров.

М. К. Васильев⁹⁾, чрезвычайно много способствовавший своими работами выяснению причин изменения сахара при хранении в складах, считает, что присутствие влаги есть существенное условие для порчи сахара, связанной с появлением редуцирующих веществ и с потерей поляризации. По мнению Васильева¹⁰⁾ отсыревание сахара идет по двум причинам и каждый раз происходит за счет влаги воздуха. Первая из них—это гигроскопичность той части межкристалльной среды, которая остается на поверхности кристаллов. Вторая причина—осаждение росы на холодном сахаре, когда вследствие быстрого повышения температуры наружного воздуха сахар в складах не успеет скоро прогреться. Васильев придает очень большое значение наличности в сахаре редуцирующих веществ. Он принимает, что количество редуцирующих веществ определяет не только степень порчи сахара, но дает известное представление и о времени хранения, т. е. «лежалости», и о способности к дальнейшему хранению сахара. С понятием—«редуцирующие вещества», сахарное и особенно рафинадное производство уже давно знакомо, как с источником

¹⁾ Ver. Ztschr. 1890 г. 35 стр.

²⁾ Böhm. Zeitschr. 1898 г. 341 стр.

³⁾ Sucrerie, belge 1898—1899 г. 44 стр.

⁴⁾ Bull. de l'Assac belge 1899 г. 498 стр., 1900 г. 202 стр.

⁵⁾ Oester. V. Z. 1901 г. 198 стр.

⁶⁾ Ver. Ztschr. 1901 г. 453 стр.

⁷⁾ Записки К. О. 1905 г. 361 стр.

⁸⁾ Oester. Ver. Zeitschr. 1901 г. 198 стр.

⁹⁾ Зап. К. Т. О-ва 1903 г. 81 107 стр.

¹⁰⁾ Там же 1905 г. 275 стр.

потерь и как с выявлением понижения способности сахара к хранению. Химическая природа, условия возникновения и роль в производстве редуцирующих веществ изучались многими видными учеными, что отмечено рядом работ и статей, разбросанных как в иностранной, так и в русской литературе. Общую сводку работ по этой группе еще мало изученных веществ с точки зрения сахарного производства дает проф. Кухаренко¹⁾ в своей «монографии», озаглавленной—«Редуцирующие вещества и их роль в сахарном производстве. Должно отметить, как вполне установленное положение, что неблагоприятные условия хранения сахара могут способствовать накоплению в сахаре редуцирующих веществ, при чем влажность и отсыревание сахара имеют существенное значение.

Очевидно, что влияние тех или иных факторов, воздействию которых подпадает сахар на складах, может быть или ослаблено, или усилено условиями, способом хранения и устройством самого склада.

В отношении способов хранения сахара Stipel²⁾, на основании обзора литературы по этому вопросу делает общий вывод, сводящийся к тому, что «благодаря неуверенности в установлении истинных причин разрушения сахара, редко кто решается в конце своих работ дать какие либо определенные указания относительно лучших способов хранения сахара».

Aulard³⁾ приходит к заключению, что причины разрушения сахара не в нем самом, а в тех помещениях, в которых он хранится и которые очень часто никуда не годятся.

В виду того, что процессы изменения сахара во время длительного хранения определяются не только его качеством, но еще и устройством склада и кроме того зависят в известной мере от времени года, погоды, от того, как часто, когда и насколько открывают склад, и т. п., Kouyl⁴⁾ приходит к выводу о том, что результаты отдельных опытов с тем или иным складом и соответствующие им заключения могут быть обобщены и приложены к хранению сахара на иных складах лишь с большим приближением. Надо думать, что именно этими причинами наряду со сложностью химизма разложения и превращения сахара при хранении следует объяснить—почему достаточно богатая литература об изменениях хранимого на складах сахара, так бедна указаниями на рациональные способы хранения и почему она страдает почти полным отсутствием обоснованных указаний и даже просто фактических данных об устройстве промышленных сахарохранилищ.

Если же обратиться к тому немногому, что в этом отношении имеется, то здесь придется встретиться с крайней неполнотой и противоречивостью имеющегося материала.

Васильев⁵⁾ считает важным, чтобы устройство склада обеспечивало хранимому сахару возможность при содействии естественной или искусственной вентиляции легко и быстро прогреваться. С этой точки зрения отдается предпочтение деревянным складам перед каменными. Эти же соображения требуют повзвешивания сахара отдельными штабелями с проходами между ними, не допуская укладки большими сплошными массивами, напр. в закрытых кучах, в «насыпь», т. е. массами, мало доступными для скорого прогрева. Совершенными складами принимаются отапливаемые склады, позволяющие свободно регулировать температуру склада и влажность воздуха, поддерживая условия, исключаяющие возможность отсыревания хранимого сахара.

¹⁾ Сборник стат. по сах. пром. 1925 г. № 6—7 стр. 173.

²⁾ Записки К.О.И.Р.О. 1905 г. стр. 279.

³⁾ *Sucree belge* 1899—1900 стр. 492.

⁴⁾ Вогрызек «Химия сахар. пром.» 502 стр.

⁵⁾ Зап. Киевск. Отд.—1903 г. 81 и 107 стр. 1905 г. 275.

Melckebeke ¹⁾ для успешного хранения сахара в отношении склада ставит такие условия: «склад должен быть сухой невентилируемый. Пол цементный, кирпичный или мощеный на цементе. Желательно перед магазином иметь пристройку, чтобы наружные двери магазина не выходили прямо наружу. Магазин должен быть разделен на несколько отделений, чтобы сахар всегда заполнял все пространство, а не подвергался бы влиянию большого объема воздуха. По той же причине предпочитается хранение сахарного песка в кучах».

Таким образом, приведенные два мнения резко расходятся во взгляде на необходимость вентиляции склада: один ее требует, как необходимое условие, другой ее стремится совершенно исключить.

Basset ²⁾ еще в 1875 г., рассматривая «меры для предотвращения ухудшения сахара при хранении» резюмирует их вкратце так—по возможности полное высушивание и проветривание складов и переведение их куда либо из первого этажа, над хорошо проветриваемыми и сухими погребами. Магазин не должен быть построен на влажной почве, а воздух в нем должен быть по временам при сухой погоде вентилируем. Двери и окна должны быть плотно пригнаны к косякам, чтобы их можно было герметически закрывать. Таким образом, во взгляде на необходимость вентиляции складов Basset занимает промежуточное положение между Melckebeke и Васильевым, приближаясь в своей трактовке к первому. Все указания Basset, относящиеся к 1875 г., достойны внимания, по мнению проф. Herzfeld'a, еще и теперь.

Гамбургское Об-во экспорта и хранения сахара в своих правилах для складов относительно хранения сахара говорит: «сахар не должен быть хранен в местах сильно подверженных атмосферным влияниям».

По общему мнению владельцев складов сахара, как сообщает профессор Herzfeld, в связи с осмотром в 1923 году Гамбургских сахарных складов, сахар сохраняется лучше всего в зданиях из волнистого железа, потом сравнительно хорошо в деревянных сараях и хуже всего в каменных магазинах.

Если сопоставить практически выявившееся, как указано выше, преимущество складов из волнистого железа, т. е. складов почти герметичных и совершенно изолирующих находящийся в них сахар от действия атмосферного воздуха, то это можно рассматривать, как подтверждение правильности взгляда, требующего устранения вентиляции складов сахара. Очевидно, что это преимущество складов сахара из волнистого железа, если оно действительно имеется, может быть отнесено только к случаям хранения совершенно доброкачественного и сухого сахара; в противном—положительные стороны полной изолированности сахара от соприкосновения с внешним воздухом, могут при известных условиях явиться недостатком. Зависимость способности к хранению от качества сахара давно практически известно. В этом случае уместно вспомнить отмеченное Herzfeld'ом в его впечатлениях от осмотра Гамбургских сахарных складов, служащие которых единогласно утверждали, что «сахар некоторых заводов всегда замечательно хорошо сохраняется, тогда как другие заводы дают плохо сохраняющийся сахар, почему склады стараются избегать такие сахара».

Неодинаковую гигроскопичность, а следовательно и прочность различных сортов сахара установил также проф. И. А. Кухаренко ³⁾ в 1918—19 году.

Хотя литература относительно устройства сахарных складов и порядка ухода за хранимым в них сахаром до крайности бедна, однако практика сахарной промышленности чрезвычайно заинтересована этим вопросом и потому

¹⁾ Там же 1905 г. стр. 268.

²⁾ Guide pratique du fabricant de sucre 1875 г.

³⁾ «Записки Н. И. кафедры Т. С.-Хоз. производства» проф. И. А. Кухаренко 1925 г. II т. 3 вып. 76 стр.

с очень давних пор стремилась установить точные практические правила хранения сахара. Это можно видеть, напр., из упоминавшегося сочинения Basset — еще от 1875 года. То же стремление к нахождению практических условий, позволяющих хранить сахар в складах без риска его порчи, заставило «общее собрание германской сахарной промышленности» поставить в 1902 году в широком масштабе наблюдения и опыты хранения сахара на складах. Основным вопросом, подлежавшим разрешению было выяснение того, является ли щелочная реакция сахара на фенол-фтоленин непременным условием его хорошей сохраняемости или же нет. Вопрос этот находился в связи с опытами Силезского Отделения Об-ва, показавшими, что высокая в нем щелочность сахара при хранении его постепенно падала при чем с течением времени такой сахар становится нейтральным и даже кислым.

Таким образом, практический интерес к вопросам хранения сахара в указанных опытах был сосредоточен на выяснении химизма разложения хранимого сахара в связи с обогащением его редуцирующими веществами при условии определенной щелочности.

Рациональное же устройство складов, порядок их обслуживания, обеспечивающий наибольшую сохранность сахара, роль в этом отношении вентиляции и т. п. важнейшие и при том большие вопросы хранения сахара по существу остались и при этих опытах совершенно не затронутыми, хотя наблюдения температурных условий и влажности складов естественно были включены в программу опытов.

Ограничиваясь отмеченным выше относительно литературной трактовки вопросов хранения сахара за период с 1896 г. до нашего времени, перейдем к тому, чем практически руководствуется и как решает сахарная промышленность свои задачи в этой области.

Что считалось необходимым для успешного хранения сахара 50 лет тому назад можно видеть из того, что рекомендовано было в этом отношении упоминавшимся уже сочинением Basset 1875 г. Соответствующие указания для практики в период 1900 годов относительно устройства складов дает также уже цитированное сочинение Melckebeke, явившееся разработкой темы относительно условий продолжительного хранения сахара и претерпеваемых при этом изменений.

Практические правила ухода за хранимым на складах сахаром иллюстрируются для того же периода времени правилами хранения сахара, изданными Гамбургским Об-ом экспорта и хранения сахара для руководства на своих складах. Помимо наблюдений за целостью тары предписываемые здесь меры сводятся только к тому, что сахар не должен укладываться вплотную к стенам, чтобы он был изолирован от пола посредством деревянных лежней и настла на них и чтобы совместно или поблизости сахара не хранились бы товары, могущие своею влажностью, запахом или иными свойствами оказывать вредное влияние на находящийся в складе сахар. Устройство складов и уходу на них за сахаром немного уделяет внимания и М. К. Васильев. В этом направлении он ограничивается лишь общими указаниями, хотя своими капитальными исследованиями и наблюдениями за отсыреванием сахара на складах он осветил очень многое относительно процессов разложения сахара, накопления в нем редуцирующих веществ и т. д.

Для того, чтобы выяснить, как разрешается современной сахарной промышленностью задача успешного хранения сахара, обратимся к инструкции Сахаротреста, предлагаемой «для руководства и исполнения» своим складам на местах. В этой инструкции «о хранении и перевозках сахаров», датированной 23 сентября 1924 годом технические требования, предъявляемые складу представлены параграфами 4 и 5; порядок приема, кладки и распределения сахара устанавливаются 6 и 7 §§; порядок обслуживания склада и допускаемые нормы убыли при хранении указаны в 8 §. Все остальное содержание

«Инструкции» касается хозяйственных, коммерческих, отчетных и т. п. сторон жизни складов. В интересующей нас части инструкции, связанной с 4—8 параграфами, все, что касается приема, укладки и отчасти ухода за сахаром, хранимым в складах, достаточно полно представлено 6 и 7 параграфами ¹⁾. Совершенно обратное можно сказать о части инструкции, касающейся ухода за складом, что представлено только одним 8 §. Текст этого совершенно одностороннего по своему содержанию параграфа, при том не подкрепленного какими либо руководящими указаниями и пояснениями сущности рекомендуемого здесь, при малой осведомленности персонала складов на местах может привести к совершенно обратным результатам сравнительно с желательными. В самом деле, что же следует понимать под выражением: «Склад должен регулярно проветриваться»? Как рассматривать это слово—«регулярно»? Значит ли это—проветривать склад раз в месяц или раз в неделю или же ежедневно, по утрам, а может быть днем или еще что либо иное? Кто ответит на эти вопросы, вполне естественные и даже неизбежные там на местах, где нет опыта и знания дела, если нет соответствующих указаний в самой «Инструкции»? Далее в том же 8 § говорится: «В ясные сухие солнечные дни следует открывать окна и двери (склада), для чего необходимо иметь в них решетки». Можно с полной уверенностью утверждать, не рискуя ошибиться, что эта в отдельных случаях по существу правильная мера, рекомендуемая в такой форме, очень часто ведет к планомерному, систематическому и массовому отсыреванию и к порче сахара в складах. Причина таких возможностей лежит в полном отсутствии в инструкции увязки этих «ясных, сухих и солнечных дней», когда склады должны открывать, с предшествующим им временем. Если эти ясные дни наступают неожиданно в начале дружной, стремительно надвигающейся, как напр. в Сибири, весны с резким повышением температуры, когда этим дням непосредственно может предшествовать время значительных холодов и когда после суровой зимы сахар в складах еще сохраняет очень низкую температуру отвечающую зимнему времени, то очевидно, что такое открывание дверей и окон складов, часто выходящих на южную солнечную сторону, неизбежно вызовет массовое отсыревание большей части хранимого в таких складах сахара.

В виду всего этого должно признать, что 8 § инструкции, т. е. пункт, касающийся ухода за складами требует значительного дополнения расширения и самой серьезной проработки, чтобы он получил то значение и принес бы ту пользу, которая видимо от него ожидается. В этот параграф следовало бы включить также и указания об уходе за хранимым в складах сахаром, как вообще, так и за сахаром отсыревшим. В связи с этим в тот же 8 § следовало бы поместить и указания из 6 § о том, что «всяких перепадов сахаров необходимо избегать», а также и весь 7 § относительно рафинированной патоки.

Что касается технических требований, предъявляемых «Инструкцией» к устройству складов сахара, то относительно этого должно, видимо, принять, что данная часть в форме 4 и 5 §§ имеет свою цель лишь желание подсказать общие основания для выбора на местах из имеющегося здесь «наличия складов» наиболее отвечающего задачам хранения сахара. В этом смысле 4 и 5 § инструкции вполне исчерпывают указанную задачу. При этом очевидно, что такого рода указания совершенно не касаются вопроса о том, как должен быть сконструирован рационально построенный склад для хранения сахара, что должно найти ответ где-то в другом месте.

Вопрос этот, вообще существенный для сахарной промышленности, в современных условиях работы Сахаротреста приобретает для него особое значение. Это обуславливается тем, что задача распределения среди населения

¹⁾ См. приложение 1.

всей массы вырабатываемого сахара теперь почти целиком ложится на Сахаротрест. Естественно, что это требует дальних перевозок и связано со средоточием на местах больших масс сахара, длительно хранимого на складах. Положение это теперь неизбежно благодаря относительно малому сравнительно с довоенным временем количеству частных и иных торговых и промышленных предприятий, быстро разбивавших со складов сахар для продажи последнего населению. При таких условиях на местных районных складах, хотя временами и сосредоточивалось значительное количество сахара, однако эти скопления непрерывно быстро сменялись, с одной стороны, рассасываясь по торговым предприятиям, с другой,—заменяясь вновь прибывающим с заводов сахаром. В настоящее же время такие районные склады, особенно в местах значительно удаленных от сахарных заводов, как, напр., в Сибири, имеют преимущественное значение складов длительного хранения сахара, остающегося здесь на те, особенно угрожающие отсыревaniem периоды, какими является весна, лето и даже осень, чего в прежнее время подобные сибирские склады почти не знали. В виду этого судьба хранимого сахара при таких условиях, а следовательно и заботы об устройстве рационально построенных складов попадает в круг непосредственных и ближайших забот сахарной промышленности С.С.С.Р. Это обстоятельство, видимо, является причиной того, что в 1925 году Сахаротрест ставит на разрешение вопрос о разработке оснований для устройства сахарных складов. О том, как это было разрешено можно видеть из соответствующего постановления 4—5 ноября 1925 года Комиссии Сахаротреста по выработке норм для заводских сооружений, в данном случае—для сахарных складов. Постановление это гласит следующее: «Размеры складов (для сахарного песка) принимаются в зависимости от производительности завода. На одну кв. сажень (4.5 кв. метр.) в песочных складах допускается погрузка 1500 пуд. при укладе 25 рядов. Для проектирования принять три рода складов: на 75.000 пуд., 100.000 и 150.000 пудов. Склады большой емкости делаются по индивидуальным проектам. Высота складов должна быть такой, чтобы возможно было уложить 25 рядов мешков. Помещение складов должно быть капитальное с паровым отоплением, под полом должно быть устроено подполье с соответственной вентиляцией. Световая площадь 5% от площади пола. Двери (ворота) должны быть раздвижные, на роликах с устройством двух решеток. Места ворот должны быть выбраны с условием проветривания.

В рафинадных складах допускается нагрузка 750 пуд. на одну кв. сажень из расчета 10 рядов мешков по высоте склада. Могут быть допущены 2 этажа, в случае устройства между этажных перекрытий железными или железобетонными. При двух-этажных складах необходимы механические подъемники. В остальном как в песочных складах». Дополнением к этому служит вынесенное 29 декабря 1925 г. совещанием директоров рафинадных заводов постановление по вопросу о стандартизации хранения сахарных песков в складах. Постановление это таково: «хранение сахарных песков должно производиться смешанным способом, т. е. в нижней части склада насыпью (в закромах), а в верхней части сахарный песок укладывается в мешках. При чем емкость каждого закрома должна быть равна 10-дневной потребности рафинадных заводов в сырье.

Песочные склады должны отапливаться. Вентиляция складов необходима».

Из приведенных постановлений видно, что в современную трактовку рационального устройства складов для хранения сахара Сахаротрестом включены главнейшие положительные моменты, определившиеся при разработке этой области в прошлом. Положения эти сводятся к следующему: отопление складов, их вентиляция, капитальность складов, утепленные крыши, вентилируемое подполье.

Некоторую особенность составляет стремление к увеличению высоты склада, связанное с требованием укладки сахара высотой в 25 рядов мешков. Таким образом, чего-либо нового в устройстве сахарных складов эти постановления складов не дают. Вместе с тем оставлены без всяких руководящих указаний задания относительно требуемых отопления и вентиляции. Очевидно, что отсутствие этого при постройке складов неизбежно выдвинет вопрос о том каковы же требования, предъявляемые к этой вентиляции и отоплению складов и какие условия практического пользования ими должны быть приняты во внимание при их расчете и установке.

Проф. Зуев в вышедшем за 1926 г. IV томе своей «Энциклопедии свекло-сахарного производства» говорит ¹⁾: «Вопрос о наилучшем сохранении сахарного песка относится к числу мало разработанных, в доказательство чего можно привести то, что среди специалистов до настоящего времени существуют разнообразные мнения о том, должен ли быть сахарный склад отапливаем, какая температура наиболее желательна, в какой мере должна осуществляться вентиляция такого склада и т. п.».

В связи с этим, давая общую сводку прежних работ и останавливаясь на процессах, развивающихся в отношении хранимого сахара, проф. Зуев приходит к определенному выводу о необходимости как отопления, так и вентиляции складов сахарного песка, так как «без этого хранимый сахар представляет капитал по существу обреченный на произвол судьбы».

Не внося чего либо нового по существу в основные положения и трактовку сущности вопросов хранения сахара, в упомянутом своем труде проф. Зуев дает богатый чисто строительного характера материал по устройству сахарных складов, по установке и расчету отопления их и отчасти вентиляции. Этим в значительной мере заполняется существовавший до последнего времени пробел прежних работ в соответствующей специальной литературе. Однако, не смотря и на этот новый вклад в разработку вопроса хранения сахара, в нем остается еще много основного и существенного, что пока или очень недостаточно, или совершенно не затронуто.

Сюда прежде всего надлежит отнести выяснение вопроса о значении склада как промежуточного фактора во взаимоотношении внешнего атмосферного воздуха и хранимого в складе сахара. При чем склад, рассматриваемый с этой стороны, является для хранимого сахара той воздушной прослойкой, тем как бы буфером, который непосредственно воспринимает на себя происходящие в атмосферном воздухе метеорологические удары и сдвиги порою очень резкие и неожиданные и передаваемые при таких условиях сахару в смягченной форме. В связи с этим представляется существенным вопрос о температурном режиме склада и его изменениях во времени, так как обычное допущение об однородности температуры внутри склада, исключая пространства непосредственно соприкасающиеся с наружными стенами и полом, по многим соображениям надо считать совершенно ошибочным.

К числу почти не затронутых вопросов следует отнести и вопрос об условиях вентиляции складов и о способах ее осуществления.

Все изложенное выше говорит о том, что условия промышленного хранения сахара в складах пока еще очень недостаточно и при том неравномерно освещены. Если можно считать богатым и разнообразным имеющийся материал относительно изменения и разрушения сахара при хранении, то должно признать чрезвычайную скудость сведений не столько о самом разрушении сахара, сколько о том, чем вызывается его возникновение, какие процессы имеют здесь место и как они развиваются в своей первой стадии, когда, весьма вероятно, еще нет никаких внешних проявлений разрушений хранимого сахара.

¹⁾ 332 стр.

Очевидно, что это—коренной вопрос, освещение которого может многое уяснить и в частности осветить взгляд на необходимость и целесообразность того или иного устройства склада, на нужные для него установки вентиляции и отопления, а также на порядок ухода за хранимым сахаром и на условия обслуживания в связи с этим сахарных складов по их проветриванию и нагреванию.

Во всех работах, относящихся к изучению причин изменений сахара при хранении в складах, имеются неизменные принципиальные ошибки в подходе к разрешению этого вопроса. Лежат они в трактовке хранимого сахара телом совершенно однородным во всей своей массе, подобно тому, как это имеет место относительно воды, воздуха и т. п.

В действительности положение иное, так как сахар, будет ли это песок или рафинад, далеко не однороден; но состоит из чистой сахарозы, массы воздуха, заполняющего межкристалльное пространство и, наконец, массы патоки, покрывающей в большей или меньшей мере поверхность кристаллов сахарозы. Воздушное пространство сахара должно рассматривать как неотъемлемую и при том в высшей степени характерную часть массы сахара, обладающую своими ярко проявленными свойствами, при том совершенно иными, чем у сахарозы и патоки. Это обстоятельство имеет существенное значение в отношении возможностей изменений сахара при хранении под влиянием совокупности внешних фактов, различно воспринимаемых каждой из его слагающих.

Таким образом, стремясь к более точному уяснению первопричин порчи сахара и желая найти средства их устранения, необходимо рассматривать сахар как нечто подобное конгломерату, состоящему из чистой кристаллической сахарозы, массы пронизывающей его—воздуха и промежуточной среды—патоки, могущей в отдельных случаях отсутствовать. В совершенно самостоятельном рассмотрении и анализе отношения каждой слагающей сахара к воздействию отдельных внешних факторов окружающей среды и к выяснению последствий этих воздействий для сахара в целом надлежит искать путь к более точному установлению первопричин порчи сахара при хранении. Освещение же этого может привести и к определенным указаниям на возможные средства предохранения сахара от порчи при нахождении его на складах.

Так как действие внешних факторов передается хранимому сахару через воздушное пространство склада, то поэтому представляется существенным выяснить состояние этого пространства и его изменение с течением времени при наличии в складе массы сахара и при условии обычных колебаний и последовательных изменений состояния атмосферного воздуха как вообще, так и по временам года.

Как бы сух ни был рафинад, все-же воздух его межкристалльного пространства всегда содержит некоторое количество водяных паров, раз сахар не подвергался специальному окончательному высушиванию и если он не останется безусловно изолированным от соприкосновения с внешним атмосферным воздухом. Неизбежность этого определяется неизменной, хотя бы и минимальной влажностью последнего.

Таким образом, в сахаре, помимо сахарозы и сухого воздуха, обычно содержится еще некоторое количество воды, определяющей влажность сахара.

При минимальной влажности сахара, содержащаяся в нем вода находится только в виде пара, в большей или меньшей степени насыщающего воздух межкристалльного пространства. При более высокой влажности сахара помимо водного пара в нем содержится вода еще и в капельно-жидком состоянии, входя в состав патоки, распределяющейся на поверхности кристаллов сахарозы.

Зная пористость сахара можно установить предельную его влажность исключаящую возможность содержания в нем патоки. Это случай, когда влажность сахара определяется только количеством воды, находящейся в состоянии паров, при отсутствии капельно-жидкой воды в форме патоки.

Полагая по проф. *Смоленскому* пористость рафинада равной 18,7% по объему, уд. вес рафинада = 1.230, уд. вес сахарозы = 1.5805 и допуская, что пары воды в межкристальном пространстве находятся в состоянии насыщения, легко найти количественное содержание воды в сахаре, т. е. установить его влажность в процентах по весу.

Очевидно, что количество воды, находящейся в межкристальном пространстве рафинада в состоянии пара зависит от обычных определяющих это факторов, т. е. от давления и температуры. Так как колебания атмосферного давления укладываются в относительно узких пределах и потому не могут иметь существенного значения, в дальнейшем прием давление нормальным. Что же касается изменения температуры внешнего воздуха, то такое можно принять в границах района перевозок сахара и его хранения в Сибири колеблющимся от -40° до $+40^{\circ}\text{C}$.

В связи с принятым количеством паров воды, насыщающих пространство в одном куб. метре воздуха при 760 мм. давления, выразится в килограммах для отдельных температур в указанных выше пределах проводимыми ниже числами таблицы.

ТАБЛИЦА 1.

Температура в $^{\circ}\text{C}$	Содержан. воды в 1 куб. метре воздуха, насыщенного парами в кг.
-20°C	0.001060 кг.
-10° »	0.002303 »
0° »	0.004876 »
$+4^{\circ}$ »	0.006370 »
$+6^{\circ}$ »	0.007259 »
$+10^{\circ}$ »	0.009372 »
$+20^{\circ}$ »	0.017177 »
$+30^{\circ}$ »	0.030130 »
$+40^{\circ}$ »	0.196640 »

ТАБЛИЦА 2.

Температура в $^{\circ}\text{C}$	Содержание воды в порах одного куб. дециметра рафинада в граммах
-20°C	0.198 кг.
-10° »	0.431 »
0° »	0.912 »
$+4^{\circ}$ »	1.191 »
$+6^{\circ}$ »	1.357 »
$+10^{\circ}$ »	1.752 »
$+20^{\circ}$ »	3.212 »
$+30^{\circ}$ »	5.634 »
$+40^{\circ}$ »	36.771 »

Если отнести данные таблицы—1 к объему межкристального пространства одного кубического дециметра рафинада, т. е. к 187 куб. сант., то получим следующие, выраженные таблицей—2 в граммах, количества воды в состоянии пара, содержащегося и в порах рафинада, взятого в указанном объеме.

При принятом выше уд. весе рафинада в—1,230 и при допустимой техническими нормами влажности его в 0,3% по весу общее содержание в нем воды на один куб. дециметр составит $1230 \times 0.003 = 3,69$ гр. Сопоставляя эту цифру с величинами, дающими возможное максимальное содержание воды в форме паров в одном куб. дециметре рафинада, можно видеть что при $+20^{\circ}\text{C}$, рафинад уже почти не содержит воды в капельно-жидком состоянии и, таким образом, оказывается действительно сухим. Очевидно, что при повышении температуры окружающего атмосферного воздуха понижение влажности рафинада, т. е. его обсыхание окажется совершенно невозможным. Причина в том, что с нагреванием воздуха быстро растет его влажность, делается при этом выше влажности воздуха, заполняющего межкристальное пространство рафинада. Если напр. относительная влажность атмосферного воздуха 70%, то уже при 30°C , он, судя по таблицам 1 и 2, оказывается более влажным межкристального пространства рафинада с допустимым для него техническими нормами содержанием воды в 0,3% по весу сахара. Это говорит о том, что указанная норма установлена правильно и что ею или почти или даже совершенно исключается возможность обсыхания рафинада. Однако это имеет место только при том условии, что соприкасающийся с таким рафинадом атмосфер-

ный воздух нагрет до $+20^{\circ}\text{C}$, или выше. В противном случае, т. е. при охлаждении воздуха ниже $+20^{\circ}\text{C}$, положение меняется. При этом рассматриваемый рафинад, т. е. с 0,3% влаги, являвшийся до того сухим, отсыревает, при чем отсыревание его повышается с дальнейшим понижением температуры. Причина отмеченного явления в том, что при охлаждении рафинада с указанным содержанием в 0,3%, водяные пары, находящиеся в нем при $+20^{\circ}\text{C}$ в состоянии насыщающих пространство, начинают конденсироваться, постепенно выпадая в виде росы во всей массе сахара. В результате образуется слой жидкости, имеющий соответственно межкристальному пространству рафинада поверхность в 3—5 кв. метра на 1 куб. дециметр рафинада.

Таким образом, при охлаждении рафинада ниже $+20^{\circ}\text{C}$ влажность его количественно не меняется, однако форма ее становится иною, так как на ряду с водными парами в рафинаде появляется также и вода в капельно-жидком состоянии. Последнее обстоятельство имеет свои нежелательные и понятные последствия. Одно из них—обсыхание рафинада, хотя, судя по таблице 1, влагоемкость холодного воздуха с понижением его температуры быстро падает и, следовательно, угроза поглощения атмосферным воздухом излишней влаги рафинада при этом как бы постепенно исчезает. Однако возможность эта в действительности не устраняется и в том случае, когда температура около охлаждающегося рафинада, с допустимой современными техническими нормами влажностью, понижается даже до пределов наиболее жесточких сибирских морозов. Обусловливается это тем, что в межкристальном пространстве охлажденного в этих условиях рафинада будет находиться воздух все же насыщенный при данной температуре парами воды, тогда как относительная влажность атмосферного воздуха не превышает 60—70%. Следствием этого, при свободе соприкосновения сахара и атмосферного воздуха и при возможности циркуляции его около рафинада, явится известное поглощение воздухом влаги рафинада и некоторое обсыхание последнего. Явление это заметно усиливается, если температура рафинада, оказывается выше окружающего его воздуха. При этом обсыхание проявляется тем сильнее, чем теплее сахар сравнительно с соприкасающимся с ним воздухом. Причина этого понятна—сухой холодный атмосферный воздух, нагреваясь при соприкосновении с относительно теплым рафинадом и увеличивая свою влагоемкость, получает возможность отнимать у сахара его излишнюю в этих условиях влагу, при том тем энергичнее, чем значительнее температурная разность между сахаром и соприкасающимся с ним воздухом. Естественно, что искусственная циркуляция воздуха должна повышать обсыхание сахара. Так как все отмеченные здесь условия для обсыхания сахара имеют место в Сибири при перевозке рафинада зимой по жел. дороге, то этим и объясняется многократно наблюдавшаяся убыль веса упакованного в мешки рафинада, присылавшегося зимой в Сибирь. Из только что сказанного вытекает также и то, что погрузка теплого сахара, взятого в вагоны напр., непосредственно с завода, а не из складов, тоже может иметь свое отрицательное значение.

В связи с рассмотренным выявляется такое положение: максимальная допустимая норма влажности для получения сухого рафинада определяется количеством водяных паров в состоянии насыщения, отвечающим межкристальному пространству данного рафинада при низшей температуре, возможной для него во время хранения, перевозки и т. п. Таким образом, высшая влажность для рафинада, исключая возможность его отсыревания при охлаждении его в связи с образованием в нем капельно жидкой воды, определяется удельным весом рафинада, его пористостью и низшей температурой, возможной для окружающего данный рафинад атмосферного воздуха. Связывая взаимно все это друг с другом, получим уравнение—1, откуда вытекает уравнение (2), дающее определенное математическое выражение для наибольшей влажности рафинада, которая может быть допущена производством.

Где:

$$D \times V \times W_{\max} = P \times V \times St \quad (1)$$

откуда

$$W_{\max} = \frac{P \times St}{D} \quad (2)$$

{

D — уд. вес рафинада.

V — объем рафинада в куб. метр.

W_{max} — влажность рафинада в весовых процентах его.

P — пористость рафинада в ‰ от общего его объема.

T — низшая температура атмосферного воздуха, окружающего рафинад.

St — содержание (в кгр.) паров воды в одном куб. метре насыщенного парами воздуха.

Подставляя в уравнение 2 соответствующие рассматриваемому случаю величины, т. е. беря D равным 1.230; P = 0.187 и последовательно вводя из таблицы 1 значения, отвечающие для различных температур, получим численные величины максимальной влажности, допустимой в рафинаде при различных температурах в пределах от +30° до -20° C. Полученные таким образом численные значения представлены в таблице 3.

ТАБЛИЦА 3.

Низшая температура, допустимая для рафинада в C	Соответствующая максимальная влажность рафинада в весовом ‰ его
+ 30° C	0,47‰
+ 20° C	0,26‰
+ 10° C	0,14‰
+ 0° C	0,13‰
- 4° C	0,12‰
- 6° C	0,07‰
- 10° C	0,04‰
- 20° C	0,02‰

Из данных таблицы вытекает, что максимальная допустимая в рафинаде влажность не является величиной постоянной, но резко меняется при изменении низшей возможной для рафинада температуры. Конечно, помимо температуры известное, хотя и меньшее значение имеет уд. вес рафинада и его пористость, поэтому то и другое нужно индивидуально учитывать для каждого сорта сахара. Соответствующие численные значения для различных сортов рафинада можно найти в опытных данных проф. Смоленского, приводимых ниже в таблице 4.

ТАБЛИЦА 4.

Сорт рафинада	Уд. вес	Пористость
Илennyй головной . .	1.231	
» » . .	1.194	
Рубленый » . .	1.270	18.7‰
Прессованный	1.330—1.357	13.3‰
Сахароза	1.561—1.562	
» (по Gerlach'y)	1.5805	

Положение, иллюстрируемое таблицей 4, имеет практическое значение, указывая на то, что влажность рафинада, идущего в южные страны, может быть значительно выше направляемого на север. Если вместо мешков берутся ящики, бочки или иная непроницаемая для воздуха упаковка, то этим, конечно, исключается возможность обсыхания рафинада, однако не устраняется возможность его отсыревания при охлаждении. Из сопоставления данных

таблиц 1, 2, 3 и 4 следует, что для рафинада, идущего зимою в Сибирь и вообще в северные районы, наивысшая влажность рафинада должна быть в этом случае значительно меньше современной обычно допускаемой именно 0,3% по весу рафинада совершенно правильно установленной для средней и южной полосы Европейской России и соответствующих иных климатических районов с короткой и сравнительно теплою зимою.

Принимая в среднем низшую временами устойчиво держащуюся температуру зимнего времени в Сибири равной -20°C , судя по данным таблицы 3, должно принять, что допустимая влажность рафинада, посылаемого зимою в Сибирь должна отвечать только 0,02% по весу сахара. Однако исследованиями автора, произведенными в 1925 г. над прибывавшим из Европейской России в Томск рафинадом за время декабрь—март, когда температура порою падала до -40°C , показала, что даже при этих крайних условиях влажность рафинада до 0,10% исключает его усушку в пути. Дальнейшее повышение влажности уже угрожает обсыханию, а при допускаемой техническими нормами влажности в 0,30%, рафинад обычно приходит с усушкой, достигающей в отдельных случаях до 50—60 килограмм и выше на вагон сахара.

Обсыхание рафинада, представляющее собою явление испарения находящейся в нем воды, в известной мере уясняется той зависимостью, которая была установлена еще Дальтоном, давшим математическое выражение для скорости испарения жидкости—в связи с различными определяющими ее факторами. При этом было найдено, что эта скорость пропорциональна свободной поверхности жидкости— S , пропорциональна разности между упругостью— R насыщенных паров при температуре испаряющейся жидкости и упругостью— r паров, уже находящихся над жидкостью. Кроме того обратно пропорциональна упругости— H постороннего газа (в рассматриваемом случае—воздуха), находящегося над жидкостью. Все это приводит к формуле¹⁾:

$$V = \frac{C \times S}{H} (R - r)$$

где C —постоянный множитель, зависящий от скорости движения воздуха или ветра. В развитие положения, данного Дальтоном, установлено, что V обратно пропорциональна H^n , где « n » представляется величиною, зависящей от природы испаряемой жидкости и от окружающего его газа, при чем, напр., в воздухе для воды $n=1,18$. По исследованиям Stefan'a при испарении жидкости в вертикальных трубках, в которых над самой поверхностью жидкости образуется слой насыщенного пара (случай, отвечающий условиям обсыхания рафинада), медленно диффундирующего к открытому отверстию трубки, скорость испарения обратно пропорциональна расстоянию уровня жидкости от открытого конца трубки.

Только что отмеченные, установленные Дальтоном, Laval'em, Stefan'ом, зависимости, служа прямым подтверждением уже разобранному выше относительно причин условий и степени обсыхания рафинада, служат вместе с тем некоторым дополнением к сделанным выводам. При этом выдвигается, напр., значение величины отдельных кусков рафинада в процессе его обсыхания. Не вдаваясь здесь в дальнейший детальный разбор рассматриваемого вопроса, сделаем сводку общих выводов, к которым приводит все вышеизложенное. Выводы эти таковы:

- 1) Сухим рафинадом надлежит принимать такой, влажность которого обуславливается нахождением в нем только водяных паров.
- 2) Появление в рафинаде воды в капельно-жидком состоянии является признаком его отсыревания.

¹⁾ «Физика» Хвольсона, III т., 484 стр.

3) Техническая норма наивысшей влажности рафинада меняется в зависимости от низшей допустимой для данного рафинада температуры.

4) Техническая норма наивысшей допустимой в рафинаде влажности— $W_{\max}$ пропорциональна: пористости рафинада, выраженной в объемных процентах его— P , пропорциональна содержанию водяных паров в состоянии насыщения в одном куб. метре воздуха St при низшей допустимой для данного рафинада температуре— t и обратно пропорциональна уд. весу рафинада— D т. е.

$$W_{\max} = \frac{P \times St}{D}$$

5) Понижение температуры рафинада более принятого при расчете для предельной его влажности ведет к отсыреванию рафинада.

6) Обсыхание рафинада при отсутствии плотной упаковки возможно при всяких температурах как выше, так и ниже 0° , при том условии, что сахар теплее окружающего его воздуха и влажность последнего ниже влажности воздуха заполняющего поры сахара.

7) Для устранения возможности нежелательного отсыревания и обсыхания рафинада допустимая для него влажность в $0,3\%$ по весу установлена правильно для средних и южных полос Европейской России и для аналогичных климатических районов, для рафинада же, отправляемого зимою в более северные области, где продолжительные зимние морозы достигают -20° и ниже, максимальная влажность рафинада не должна превышать $0,10\%$ по весу его.

Приведенные выше выводы являются следствием определенных взаимоотношений внешних факторов, в рассмотренном случае—температурных условий, с одной из слагающих рафинада, именно, воздухом его межкристального пространства. Как видно из предыдущего, выводы эти, представляя известный теоретический интерес, имеют также и практическое значение. Однако указанные выводы все-же не исчерпывают вопроса о влиянии на сахар рафинад внешних температурных изменений. Рассматривая отношение воздуха межкристального пространства вне всякой связи с массой кристаллической сахарозы и полагая его совершенно обособленным и независимым в своем состоянии от атмосферного воздуха, мы тем самым в значительной мере упростили разбираемое явление. Очевидно, что температурные изменения создают в отношении рафинада условия, вовлекающие массу его кристаллической сахарозы в определенные взаимоотношения не только с воздухом межкристального пространства сахара, но и с окружающим его атмосферным воздухом.

Сущность этого взаимоотношения лежит не столько в самом воздухе, сколько в находящихся в нем парах воды и в возможности для последних с изменениями температуры, то конденсироваться, то вновь испаряться. Подходя с этой стороны к вопросу о влиянии температурных колебаний на рафинад, должно принять во внимание, что все сказанное об изменении паров межкристального воздуха в сахаре целиком относится и к атмосферному воздуху, окружающему этот сахар.

Следовательно при известном охлаждении рафинад отпотекает в одинаковой мере как внутри всей массы, так и снаружи. Первое идет за счет выпадения воды из воздуха межкристального пространства сахара, второе за счет того же явления, но в атмосферном воздухе. В этом смысле между отношением к сахару того и другого воздуха нет никакой разницы. Но относительно количества воды, могущей с течением времени сконденсироваться на поверхности и в массе сахара под влиянием текущих метеорологических колебаний наружного воздуха, наблюдается очень значительное различие для этих двух случаев.

Воздух межкристального пространства рафинада при определенном объеме последнего и при ограниченности своей влагоемкости в случае полной обособленности его от атмосферного воздуха может с течением времени дать, как было уже выяснено раньше, только определенное при том очень незначительное коли-

чество росы, выделяющейся внутри массы охлажденного сахара. Последнее, количественно завися от температурных условий, как это понятно само собою, не может быть увеличено повторным, хотя бы многократным охлаждением. Поэтому степень возможного отсырения внутри массы сахара за счет находящегося в нем влажного воздуха оказывается определенно ограниченной и количественно зависящей от первоначальной температуры, влажности сахара и степени его последующего охлаждения.

Иначе дело обстоит с количеством паров воды, могущих с течением времени сконденсироваться из внешнего воздуха на наружной поверхности соприкасающегося с ним сахара. Характерная особенность этого случая лежит в безграничности сравнительно с массой сахара массы соприкасающегося с ним атмосферного воздуха, а также в неизменной обеспеченности последнему постоянного притока из окружающей его среды новых количеств влаги вместо выпадающей из него. При таком положении создаются условия, превращающие атмосферное пространство в неисчерпаемый резервуар, могущий с течением времени при соответствующих температурных колебаниях выделить на поверхности отсыревающего сахара неопределенно большие количества сконденсированной из воздуха воды.

Таким образом, взаимоотношения воздуха и сахара приводят при известных температурных условиях к наружному и внутреннему отсыреванию сахара, что выражается в появлении слоя воды на всей поверхности кристаллической сахарозы, составляющей массу сахара. Очевидно, что это должно вести к растворению сахара. В какой мере однако это в действительности осуществляется — зависит от того, как разворачивается явление отпотевания сахара в первоначальной своей стадии. Наступает ли такое отпотевание сахара постепенно и затем медленно нарастает, длительно удерживаясь в дальнейшем, или же явление это стремительно разворачивается и затем быстро исчезает, наконец, какие внешние факторы играют здесь роль и в какой мере — все это и многое другое имеет существенное значение относительно возможности растворения кристаллической сахарозы, отпотевания сахара, а, следовательно, и дальнейшего удержания этим сахаром выпавшей на него росы. Освещение всего этого может в известной мере уяснить условия развития отсыревания сахара, вероятную степень такового, а также указать средства, если не устраняющие, то, быть может, уменьшающие интенсивность проявления этого процесса, ведущего к порче сахара.

Останавливаясь на выдвинутых вопросах, должно отметить, что литература в этом направлении кроме многочисленных указаний на самый факт отсыревания сахара ничего более не дает.

В связи с этим для освещения условий развития отсыревания сахара в первых стадиях этого процесса и для уяснения отношения к нему самого сахара, пришлось поставить специальное экспериментальное исследование.

Целью приводимой ниже экспериментальной работы, выполненной проф. С. В. Лебедевым совместно с Н. Г. Загибаловым, является выяснение вопроса о том, как разворачивается в первую стадию своего развития процесс отсыревания сахара, а также, в какой степени и при каких условиях протекает удержание сахаром влаги, выделяющейся на нем в виде росы.

Сущность этой работы сводится к воспроизведению отпотевания охлажденного сахара при меняющихся условиях относительно температуры сахара и окружающего его воздуха, а также влажности последнего. Наблюдения за течением процесса ведутся по изменению веса сахара. Материалом для работы могли бы служить как сахарный песок, так и рафинад, однако, большая чистота и удобство формы для оперирования, заставили отдать предпочтение рафинаду. Для опытов он употребляется в виде правильных кубиков, выпиленных из определенного слоя одной сахарной головы. Кубики были различного размера с ребром от двух до пяти сантиметров, т. е. весом от 35 до 150 грамм, при чем, высший предельный размер определялся возможностью

взвешивания на аналитических весах. В виду неоднородности структуры рафинада в сахарной голове в целях обеспечения возможной тождественности опытного материала, кубики выпиливались из слоев параллельных основанию сахарной головы, выделяя их из каждого слоя на одинаковом расстоянии от оси и наружной поверхности головы.

Основной принцип избранного метода работы строился на том, что предварительно взвешенный равномерно охлажденный в определенном по своему состоянию воздушном пространстве кубик сахара переводится в иные условия воздушной среды со сравнительно повышенной температурой и меняющейся для отдельных случаев влажностью. При этом в каждом отдельном случае холодный сахар отпотевает не одинаково, в различной степени конденсируя на себе влагу из окружающей среды. Количество удерживаемой при этом или теряемой сахаром влаги определяется последовательными взвешиваниями. Отсыревание сахара вызывалось в специально устроенном термостате—шкафу, снабженном для нагревания двенадцатью равномерно распределенными внутри термостата электрическими лампочками, включаемыми по мере надобности наружными интеселями. Для создания необходимой влажности в термостате были развешены во всю высоту термостата камеры автоматически непрерывно смачиваемые широкие полосы полотна, нижние концы которых спускались в ванны с водою. Внутри камеры на различных высотах располагались термометры, психрометры, а также электрический вентилятор для перемешивания внутри камеры воздуха. В присутствии сахара вентилятор не пускался в ход. В устроенной таким образом камере представлялось возможным легко регулировать температуру и влажность, поддерживая указанными приспособлениями требуемые условия.

Технически опыт производился так: отдельные кубики сахара различной, точно устанавливаемой для каждого кубика величины, поверхности и веса, на крест перевязываются тонкими серебряными проволоками и подвешиваются на них в герметически закрывающиеся стеклянные банки. Банки берутся с объемом возможно близким к объему помещаемого в них свободно висающего кубика сахара. Каждая банка снабжена термометром. Охлаждение сахара продолжавшееся не менее суток, производилось в указанных банках, при чем температура воздушного пространства внутри банки принималась за температуру охлажденного, находящегося в ней сахарного кубика. Охлаждение велось непосредственно наружным воздухом, пользуясь сибирскими зимними холодами и неотапливаемым лабораторным помещением, а также ледяной камерой. Цель применения закрытых банок при охлаждении сахара лежала в стремлении устранить в этот период влияние воздуха вообще и в частности атмосферного, что может вести к значительным изменениям за время охлаждения предварительного установленного веса и влажности исследуемого образца рафинада.

Охлажденный до той или иной устанавливаемой по термометру температуры кубик рафинада переносится из банки в камеру-термостат описанного устройства, где подвешивается на своей проволочке, помещаясь непосредственно в воздушном пространстве термостата с определенно установленной и поддерживаемой влажностью и температурой. В дальнейшем испытуемый кубик повторно взвешивается на аналитических весах. Промежутки времени между первыми взвешиваниями берутся в 3—7 минут, последующие—больше: от 10 до 20 минут.

Общая длительность пребывания охлажденного сахара в камере колеблется от половины до двух и более часов. В течение указанного времени каждый кубик, смотря по условиям опыта, взвешивается от двух до восьми раз. Меняя степень охлаждения сахара, влажность и температуру камеры, можно было следуя принятому методу, проследить развитие отсыревания сахара в самых разнообразных условиях.

Случаи убыли веса сахара, говорят о процессе его обсыхания.

Необходимость периодического взвешивания отсыревающего сахара и связанное с этим кратковременное вынимание его из влажной камеры-термостата, конечно, вносит привходящие влияния на наблюдаемый процесс. Однако вызываемые этим отклонения степени отсыревания очень незначительны как в виду кратковременности взвешивания, так и в силу того, что главный эффект отсыревания сосредоточивается, как увидим из последующего, в очень короткий период времени, предшествующий первому взвешиванию отпотевшего сахара. Помимо этого должно иметь в виду, что изыскивая еще самый метод исследования данного вопроса и стремясь к общей характеристике неизвестно как развивающегося процесса, представляется существенным не столько абсолютная величина отсырения, сколько его относительные изменения во времени.

Таким образом, в отношении последней возможности необходимость повторных взвешиваний несколько не уменьшает пригодность, данного метода, хотя количественно он не дает абсолютно точных величин.

Результаты опытов, произведенных в указанном направлении представлены приводимыми ниже таблицами 5 и 6.

Здесь следует отметить, что приводимые в таблице 5 величины прибыли или убыли веса сахара, выраженные в весовых процентах его и отнесенные к 100 кв. сант. поверхности отсыревающего кубика, в дальнейшем принимаются за выражение «степени отсыревания» или «степени обсыхания сахара».

Одной из существенных сторон процесса отсыревания сахара рассматриваемого как результат определенного температурного взаимоотношения сахара и окружающего его воздуха, представляется длительность этого явления. Известные указания в этом направлении дает таблица. Результаты представленных здесь опытов определенно говорят за то, что период отсыревания сахара, т. е. длительность обогащения росой, выделяющейся на нем, оказывается чрезвычайно кратковременной, именно, от трех (опыт № 25) до 23 минут (опыт № 47) в большинстве же рассмотренных случаев она колеблется от 5 до 10 минут.

Если же принять во внимание, что момент первого взвешивания сахара после помещения его в камеру обычно производился с некоторым запозданием, т. е. уже в период наступившего обсыхания, то станет очевидным, что продолжительность отсыревания в действительности оказывается еще меньше чем это установлено выше. Что такое запаздывание взвешивания действительно имело место во многих произведенных в данной работе опытах, можно видеть из нижеследующего сопоставления опыта № 56 с опытом № 57, а также опыта № 76 с № 75. Каждый опыт в такой паре почти одинаков друг с другом по условиям и по массе сахара. В абсолютном же количестве выкапавшей на сахаре росы наблюдается различие. При чем менее отсыревшим оказывается сахар отсыревавший более длительно, именно 10 минут. Это наблюдается в обоих рассмотренных случаях. А сахар отсыревавший только 5 минут показывает большее отсырение в смысле абсолютного количества удержанной влаги. Очевидно, что причины этого явления лежат в том, что за пятиминутным интенсивным отсыреванием сахара в следующие пять минут наступает уже обсыхание сахара. А потому опыты № 56 и 57, а также № 66 и 75, давшие неодинаковые по абсолютному количеству конечные отсыревания, в действительности отсырели совершенно одинаково. Таким образом, результаты и этих опытов подтверждают кратковременность отсыревания сахара, указывая вместе с тем на то, что равные массы сахара в тождественных условиях одинаково отсыревают, при том в одно и то же время.

Кратковременность процесса отсыревания сахара особенно ярко выявляется опытами №№ 71, 78, 106, 108 и 118. Здесь период отсыревания судя по результатам опытов якобы совершенно отсутствует. Однако, внимательно разбираясь в этих опытах легко убедиться в том, что отпотевание сахара при имевшихся здесь условиях температуры и влажности должно, было бы в

ТАБЛИ

№№ опытов	Характеристика проб кубиков сахара			У С Л О В И Е О П Ы Т					
	Длина ребра кубика в см.	Величина поверхности кубика	Вес кубика сахара до опыта	Промежут. между двумя соседними взвешиван. в мин.	Длительность периода отогрев. в мин.	Температуры °С			
						Охлажден-ного сахара	Камеры	Разность температур сахара и камеры	Точка росы
21	4	96	76.0641	15 20 20 30 30 40 20 35	15	0.5	18	17.5	14.5
22	4	96	76.0805	10 10 5 17 13 15	10	0	35	35	23.3
23	4	96	76.0751	5 10 20 25 10	5	0	20.5	20.5	16.3
24	4	96	76.0820	15 15 15 50 25 15	15	-5	19	24	16.4
25	4	96	76.1245	3 7 10 30 45	3	-1	26	27	21.1
26	4	96	76.1210	10 10 20 22	10	5	28	23	21.5
27	4	96	76.1225	4 9 9	4	4	21	17	16

Ц А 5

О В		ИЗМЕНЕНИЕ ВЕСА САХАРА						Вес кубика сахара после опыта
Влажность камеры		Прибыль веса сахара			Убыль веса сахара			
Абсолютная	Относит. в %	В граммах	В % по ве- су кубика сахара	В % на 100 см. 2	В граммах	В % по ве- су кубика сахара	В % на 100 см. 2	
12.2	80	0.0874	0.114	0.091				76.0751
	90				0.0190	0.025	0.019	
	90				0.0150	0.019	0.016	
	90				0.0128	0.016	0.013	
	85				0.0084	0.011	0.009	
	85				0.0055	0.007	0.006	
	90				0.0030	0.004	0.003	
	90				0.0035	0.004	0.014	
21.3	60	0.0535	0.070	0.055				76.0820
	60				0.0190	0.025	0.020	
	60				0.0092	0.012	0.009	
	60				0.0122	0.016	0.012	
	60				0.0074	0.010	0.008	
	40				0.0042	0.006	0.004	
13.8	77	0.0449	0.059					76.0805
	81				0.0100	0.013	—	
	88				0.0200	0.021		
	81				0.0660	0.009		
	81				0.0035	0.004		
13.8	85.5	0.1225	0.147	0.123				76.1345
	85.5				0.0810	0.011	0.008	
	85.5				0.0419	0.055	0.043	
	90				0.0115	0.015	0.012	
	90				0.0137	0.018	0.014	
	90				0.0044	0.006	0.005	
	90				0.0014	0.002	0.002	
18.1	72.5	0.0585	0.076	0.061				76.1210
	72.5				0.0065	0.009	0.007	
	72.5				0.0217	0.028	0.002	
	76				0.0224	0.021	0.023	
	76				0.0114	0.015	0.012	
19.1	64	0.0405	0.053	0.042				76.1225
	64				0.0230	0.030	0.024	
	64				0.0105	0.014	0.011	
	64				0.0055	0.007	0.006	
13.5	73	0.0115	0.015	0.007				76.1252
	73				0.006	0.008	0.006	
	73				0.0098	0.013	0.010	

№№ опытов	Характеристика проб кубиков сахара			У С Л О В И Е О П Ы Т					
	Длина ребра кубика в см.	Величина поверхности кубика	Вес кубика сахара до опыта	Промежут. межд. ду двумя соседними взвешиван. и мин.	Длительность периода отогрев. и мин.	Температуры °С			
						Охлажден- ного сахара	Камеры	Разность температур сахара и камеры	Точка росы
28	4	96	76.1252	5 15 15 15 20 20 40	20	2.5	28	25.5	24.1
29	4	96	76.1633	5 8	5	4	19	15	13.7
30	4	96	76.1695	0 5	5	7	18.5	11.5	15.8
31	5	150	150.4381	5 15 25 40 30	20	0	18	18	14.5
33	5	150	150.4660	10 15 15 15 50 25 15	25	-5	19	24	16.4
34	5	150	150.5300	5 10 10 35 40	15	-1	26	27	21.1
35	5	150	150.5980	4 5 20 25	4	5	28	23	21.5
36	5	150	150.5600	8 7 14 6	8	4.5	21	16.5	16

[illegible]

№№ опытов	Характеристика проб кубиков сахара			У С Л О В И Е О П Ы Т					
	Длина ребра кубика в см.	Величина поверхности кубика	Вес кубика сахара до опытов	Промежут. между двумя соседними извешиван. в мин.	Длительность периода отсыреван. в мин.	Температуры °С			
						Охлажден-ного сахара	Камеры	Разность температур сахара и камеры	Точка росы
37	5	150	150.5980	5 15 15 15 20 25 35	20	2.5	28	25.5	24.1
38	5	150	150.6665	7 13	7	4	19	15	13.7
39	5	150	150.6950	10 10	10	8.5	19	10.5	15.4
44	3	54	36.7138	7 13 60	7	5	22	17	21.7
47	3	54	36.7325	23 7	23	3	20	17	14.9
54	4	96	81.9710	14 20	14	2	22	20	18.8
56	4	96	80.2614	5 15 15 15 30 30	5	0	30	30	21.6
57	4	96	80.3109	10 50	10	1.5	33	31.5	24.9
60	4	96	80.3775	5 10 25 30	5	5	22	17	21.7
65	3	54	37.5260	15 12 33 35 20	15	-2	19	21	17.4

О В		ИЗМЕНЕНИЕ ВЕСА САХАРА						Вес кубика сахара после опытов
Влажность камеры		Прибыль веса сахара			Убыль веса сахара			
Абсолютная	Относит. в %	В граммах	В ‰ по ве- су кубика сахара	В ‰ на 100 см.²	В граммах	В ‰ по ве- су кубика сахара	В ‰ на 100 см.²	
22.3	84	0.1812	0.120	0.121				150.6666
	84	0.0125	0.008	0.000				
	84				0.0415	0.027	0.028	
	83				0.0298	0.019	0.019	
	83				0.0172	0.011	0.011	
	83				0.0180	0.012	0.012	
	83				0.0191	0.013	0.013	
11.7	72	0.0484	0.032	0.032				150.6950
	775				0.0200	0.013	0.013	
14	85.5	0.0130	0.009	—				150.5985
	85.5				0.0095	0.006	—	
19.3	95.5	0.0267	0.072	0.049				36.7214
					0.0135	0.037	0.025	
					0.0050	0.015	0.010	
12.6	72	0.0235	0.064	—				—
	72				0.0060	0.0016	—	
16.2	82	0.0610	0.074	0.063				81.9935
	82				0.0395	0.047	0.040	
23.5	63	0.1336	0.166	0.139				80.3109
	65.5				0.0159	0.019	0.014	
	66				0.0290	0.036	0.030	
	66				0.0130	0.017	0.035	
	61				0.0160	0.019	0.017	
	61				0.0111	0.014	0.042	
23.4	66	0.1291	0.160	0.134				80.3746
	66				0.1654	0.034	0.068	
19.3	95.5	0.0535	0.066	0.056				80.3935
	95.5				0.0130	0.016	0.013	
	91.0				0.0166	0.021	0.017	
	91.0				0.0079	0.010	0.008	
14.8	90	0.0645	0.171	0.119				37.5536
	90				0.0090	0.024	0.017	
	90				0.0133	0.035	0.025	
	90				0.0162	0.017	0.011	
	90				0.0074	0.019	0.016	

№ опытов	Характеристика проб кубиков сахара			У С Л О В И Е О П Ы Т					
	Длина ребра кубика в см.	Величина поверхности кубика	Вес кубика сахара до опытов	Промежут. между двумя соседними извешиван. в мин.	Длительность периода отсыревания в мин.	Температуры °С			
						Охлажденного сахара	Камеры	Разность температур сахара и камеры	Точка росы
66	3	54	37.5536	5 10 20 20 23	5	4.5	32	27.5	23.3
71	3	54	37.5250	10	—	9.5	18	8.5	14.5
75	3	54	34.8840	10 7 20 22 20	10	4.5	32	37.5	23.3
77	3	54	34.8757	8 8	8	2.5	18.5	16	15.8
78	3	54	34.8945	8 15	—	-0.5	21.5	22	17.1
80	3	54	34.8710	5 7	5	9.5	18	8.5	14.5
81	3	54	34.8675	3	—	9	21	12	19.1
84	3	54	36.6336	20 15 15	20	0	19.5	19.5	17.9
106	3	54	35.6280	5	—	10	26	16	19.8
108	3	54	35.6265	5	—	9.5	18	8.5	14.5
112	2	24	9.0534	8 16	8	2	22	20	18.8
117	2	24	10.6632	5	—	7.5	19	11.5	13.6
118	2	24	10.6665	8	8	4.5	17.5	13	12.6

О В		ИЗМЕНЕНИЕ ВЕСА САХАРА						Вес кубика сахара после опытов
Влажность камеры		Прибыль веса сахара			Убыль веса сахара			
Абсолютная	Относит. в %	В граммах	В % по ве- су кубика сахара	В % на 100 см. 2	В граммах	В % по ве- су кубика сахара	В % на 100 см. 2	
21.3	60	0.0264	0.070	0.047				37.5540
	60				0.0125	0.032	0.023	
	60				0.0075	0.020	0.019	
	50				0.0030	0.008	0.006	
	50				0.0030	0.008	0.006	
12.2	80	—	—	—				37.5135
	80				0.0115	0.031	—	
21.3	60	0.0260	0.075	0.048				34.8770
	60				0.0180	0.051	0.033	
	50				0.0072	0.02	0.013	
	50				0.0048	0.014	0.007	
					0.0030	0.009	0.006	
13.5	85.5	0.0843	0.240	0.156				34.8750
					0.0655	0.190	0.12	
14.5	77	—	—	—				34.8750
	78				0.0065	0.017	0.012	
					0.0130	0.037	0.021	
12.2	80	0.0065	0.019	—				33.8675
					0.0100	0.030	—	
16.4	86.5	—	—	—				34.8600
					0.0075	0.021	—	
15.2	90.5	0.0649	0.177	0.120				36.6785
	90.5				0.0135	0.0368	0.025	
	90.5				0.0065	0.018	0.012	
17.4	69	—	—	—				35.6270
					0.0010	0.003	—	
12.2	80	—	—	—				35.6265
					0.0050	0.014	—	
16.2	82	0.0086	—	—				—
					0.0055	—	—	
13.2	81	—	—	—				—
					0.0055	—	—	
10.9	71	0.0005	—	—				—
					—	—	—	

ТАБЛИЦА 6

№№ опытов	Характеристика проб кубиков сахара			УСЛОВИЯ ОПЫТОВ							Изменения веса сахара.				Вес кубика сахара после опыта
	Длина ребра кубика сахара в см	Поверхность кубика в сантиметрах	Вес кубика до опыта	Промежутки между 2 соседними взвешиван. в час. и минутах	Температура в °C				Относит. влажность камеры в %	Прибыль веса сахара		Убыль веса сахара			
					Охлажден рафинада	Камеры	Разность т-р сахара и камеры	Точка росы		В граммах	В % по весу кубика сахара	В граммах	В % по весу кубика сахара		
1	4	96	76.0797	4—15 м.	—11	19.5	30.5	—	44	0.0015	0.001	0.0049	0.005	76.0763	
3	„	„	76.0763	2—50 2—25 2—40	—10	20	30	—	40	0.0057 — —	0.007 — —	0.0068 0.0030	0.007 0.003	76.0732	
5	5	150	150.4531	2—28 3—2	—11	19.5	30.5	—	44	0.0045	0.003	0.0064	0.004	150.4512	
7	11	11	150.4420	—7 —45 —5 3—15 1—30	6	19	13	—	40	0.0052	0.003	0.0054 0.0080 0.0022 0.0007	0.004 0.001 0.001	150.4386	
14	4	96	80.2650	—12 1—15 3—15 1—15	6	19	13	—	40 „ „ 31	0.005	0.001	0.0129 0.0008 0.0009	0.004 0.001	80.2614	

большинстве из этих случаев проявиться совершенно ясно. Если же таковое опытами не установлено, то причину этого должно искать в слишком большом запоздании первого взвешивания. При таких условиях благодаря обсыханию, наступающему непосредственно за отсыреванием сахара, последний к моменту первого взвешивания после помещения в камеру не прибавляет своего веса за счет выпавшей на нем росы, так как к этому времени он уже успевает ее потерять нередко с частью собственной первоначальной влаги, что ведет к убыванию исходного веса сахара.

Из опытов №№ 28, 31 и 37 видно, что интенсивное отсыревание происходит только в первые минуты после внесения сахара в камеру-термостат, что не противоречит ранее сделанным наблюдениям и выводам.

Подходя к данным таблицы 5 со стороны абсолютной величины наблюдаемого отсыревания, можно заметить во многих опытах, что значительное отсыревание связано с увеличением длительности самого процесса, что подтверждают опыты №№ 24, 33, 34, 65 и др. Однако, наряду с этим имеются также случаи, стоящие в противоречии с указанным положением; так например, в опытах №№ 36, 77 и № 56 абсолютные величины отсыревания соответственно равны 0.0800, 0.0843 и 0.1336, тогда как отвечающее им время выражается 8.8 и 5 минутами, т. е. случай опыта № 56 с большим отсыреванием проходит значительно скорее, чем случай с отсыреванием меньшим.

Отсюда следует, что величина отсыревания не является решающим фактором длительности этого процесса.

В связи с этим возникает вопрос о влиянии на длительность отсыревания сахара его массы, его поверхности, влажности окружающего сахар воздуха и т. п. Ответ на первый вопрос может дать сопоставление результатов опытов № 28 и № 37. Условия у них тождественны, действительность отсыревания одинакова, но взятые массы сахара различны, как и их поверхности. При этом оказывается, что отсыревание, выраженное в абсолютных величинах в обоих случаях различно, а именно 0.1008 гр. для опыта № 28 и 0.1937 гр. для опыта № 37. Рассмотренный случай говорит о том, что длительность отсыревания сахара не зависит от его массы и от его поверхности.

В таблице 5 можно найти еще несколько сопоставлений отдельных опытов, которые своими результатами как будто бы противоречат выдвинутому выше положению. Сюда можно отнести опыты №№ 26 и 35, а также №№ 29 и 38 или №№ 24 и 33 и др. При этом однако должно иметь в виду, что большинство из них не вполне тождественно друг с другом или по своим условиям, или по длительности отсыревания, или по величине последнего, по массе сахара и т. д. Это обстоятельство не дает возможности делать из прямого сопоставления данных таких опытов непосредственных заключений. Если же принять во внимание указанное обстоятельство и при каждой такой паре опытов детально сопоставить и проанализировать всю совокупность их условий полученных результатов, связав величины отсыревания и обсыхания за отдельные промежутки времени с их длительностью, то при этом все указанные опыты также приведут к подтверждению положения о том, что длительность отсыревания не зависит ни от массы, ни от величины поверхности отсыревавшего сахара.

В предыдущем было уже выяснено, что длительность процесса отсыревания, независимо от массы и поверхности сахара, остается неизменной при одинаковых условиях температуры сахара, температуры окружающего воздуха (в настоящих опытах—камеры) и влажности последнего. В дальнейшем надлежит выяснить зависимость длительности процесса отсыревания сахара от изменений указанных условий.

Рассматривая с этой стороны данные таблицы, нетрудно заметить, что высокая влажность в камере, независимо от температуры последней удлиняет процесс отсыревания сахара. Это вытекает из сопоставления опытов №№ 21, 28, 43 и 37 с прочими опытами, при которых влажность камеры была заметно ниже. Повидимому, известное значение в этом случае имеет и температура сахара. Для выяснения этого вопроса сопоставим, с одной стороны опыты с сахаром, имеющим низкую температуру, напр., №№ 24, 33, 65 и 84, с другой, опыты, где сахар перед внесением его в камеру был нагрет относительно высоко, как напр. в опытах №№ 27, 29, 35, 44, 65, 80 и друг. Из этого сопоставления следует, что длительность отсыревания сахара охлажденного ниже 0° значительно ниже, чем при сахаре более высокой температуры. Помимо этого можно отметить, что при большой разнице температур сахара и камеры длительность процесса отсыревания увеличивается. Там же, где этого нет преобладающее значение имеет относительная влажность воздуха.

Подводя итог сказанному по вопросу о длительности процесса отсыревания сахара в связи с теми или иными условиями, должно отметить следующие положения:

1. Отсыревание сахара представляется очень кратковременным процессом, обычно завершающимся в несколько минут, после чего при сохраняющихся внешних условиях температуры и влажности окружающего воздуха начинается обсыхание сахара.

2. Эффект отсыревания сахара наиболее сильно выявляется в первые моменты его развития.

3. Поверхность и масса сахара не имеют влияния на длительность процесса отсыревания.

4. Длительность процесса отсыревания тем значительнее, чем выше относительная влажность воздуха, чем больше разность температур между сахаром и воздухом и чем ниже температура сахара.

Переходя к рассмотрению данных таблицы 6, нужно отметить следующее. Здесь сгруппированы опыты, имевшие ориентировочное значение в смысле нащупывания самого метода работы при недостаточной еще осведомленности о самом изучаемом явлении. Поэтому получалась некоторая неполнота и неправильность в проведении опытов этой группы. Так напр., не имея представления о кратковременности разворачивания процесса отсыревания сахара, в первоначальной группе опытов было стремление отвести возможно больше времени для отпотевания охлажденного сахара. В результате этого в начале работы совершенно не удавалось установить явление отсыревания и уловить его по времени. Этому не мало способствовала низкая влажность окружающего сахар воздуха.

Несмотря на это обстоятельство и некоторую неполноту начальных опытов, помещенных в таблице 6, они все же представляют известный интерес в смысле материала, освещающего разворачивание последующего процесса обсыхания сахара. Характерною же особенностью этих опытов является то, что они в отличие от опытов таблицы 5 были проведены в условиях очень низкой влажности воздуха и значительного охлаждения сахара.

Данные таблицы судя по опытам №№ 1, 3, 5, 7 и 14 говорят за то, что отсыревание сахара может иметь место и в условиях очень низкой до 40—44% относительной влажности окружающего воздуха при его температуре 19—20°C и при охлаждении сахара до—11°C. В других опытах явление отсыревания не было экспериментально установлено, однако, возможно, что оно и здесь в отдельных случаях имело место.

В отношении обсыхания сахара данные уже предварительных опытов говорят о том, что и этот процесс при свободном соприкосновении сахара с воздухом протекает достаточно быстро, но все же значительно медленнее отсыревания, требуя уже не минуты, а часы даже при благоприятных условиях, напр., при очень малой влажности окружающего сахар воздуха. С уменьшением влажности сахара скорость его обсыхания чрезвычайно замедляется.

Основной вывод: низкая относительная влажность воздуха, окружающего холодный сахар не исключает возможности его отсыревания.

Обратимся теперь к выяснению зависимости степени отсыревания сахара от влажности воздуха, от величины разности температур между сахаром и окружающим его воздухом, от высоты точки росы и т. п. Для пояснения выше сказанного сопоставим некоторые данные опытов №№ 21 и 24, представленных ниже следующей табличкой. Условия этих опытов достаточно близки друг к другу для возможности их сопоставления.

ТАБЛИЦА 7.

№ опытов	Время между взвешиванием в минутах	Температуры в °C			Влажность в камере		Точка росы °C	Прибыль веса сахара в грамм	Степень отсыреван. сахара (в вес. %) на 100 кв. см. поверхности сахара
		Сахара	Камеры	Разность т—р	Абсолютная	Относит.			
21	15	+0.5°	18.0°	17.5°	12.2	80.0	14.5°	0.0874	0.091
24	15	—5.0°	19.0°	24.0°	13.8	85.5	16.4°	0.1225	0.123

Из приведенного сопоставления видно, что при повышении абсолютной и относительной влажности в камере, при поднятии температуры появление росы, при увеличении разности температур сахара и камеры и при одновременном понижении температуры сахара степень его отсыревания увеличивается.

Сделаем еще несколько сопоставлений отдельных опытов, вынесенных в нижеследующую табличку.

ТАБЛИЦА 8.

№ опытов	Время между взвешиванием в минутах	Температуры в °C			Влажность в камере		Точка росы °C	Прибыль веса сахара в грамм	Степень отсыреван сахара (в вес. %о) на 100 кв. см. поверхности сахара
		Сахара	Камеры	Разность т-р	Абсолютная	Относительная			
23	5	0.0°	20.5°	20.5°	13.8	77	16.3°	0.0446	0.060
25	3	-1.0°	26.0	27.0	18.1	72.5	21.1	0.0585	0.061
27	4	-4.0	21.0	17.0	13.5	73	16.0	0.0115	0.007
28	5	2.5	28.0	25.5	22.3	84	24.1	0.0968	0.101
30	5	7.0	18.5	11.5	13.4	66	15.8	0.0072	0.009
22	10	0.0	35.0	35.0	21.3	60	23.3	0.0535	0.055
26	10	5.0	28	23.0	19.1	64	21.5	0.0405	0.042

Сопоставляя данные первых пяти опытов этой группы, видим, что наивысшая степень отсыревания отвечает опыту № 28, характеризующемуся высокой абсолютной и относительной влажностью камеры, значительной разностью температур сахара и камеры при высокой температуре сахара, равной 25°C. Несколько меньшая степень отсыревания соответствует опыту № 25. Здесь по сравнению с предыдущим случаем несколько ниже влажность и все прочие факторы, но температурная разность камеры и сахара больше.

Следуя далее в порядке убывания степени отсыревания (опыты №№ 23, 27 и 30) видим, что это убывание обуславливается постепенным понижением влажности камеры, а также уменьшением температурной разности сахара и камеры.

Из сравнения данных опытов №№ 22 и 26 видно, что при одинаковой продолжительности процесса и достаточной близости условий влажности, степень отсыревания заметно выше в опыте № 22, что обуславливается большей разностью температур сахара и камеры и более низкой температурой сахара.

Сопоставление результатов опытов №№ 27 и 30 также подтверждает зависимость степени отсыревания от температур сахара и камеры и от влажности последней.

Из данных опытов №№ 33 и 39, где массы сахара одинаковы, а прочие условия помимо температуры сахара достаточно близки друг к другу, следует, что более холодный сахар отсыревает сильнее.

Опыты №№ 35 и 37 подтверждают положение о повышении степени отсыревания с увеличением абсолютной и относительной влажности воздуха, окружающего сахар при прочих одинаковых условиях.

Все изложенное выше относительно зависимости степени отсыревания сахара от влажности воздуха, температуры его и сахара и температурной разности между ними приводит к следующему положению:

Степень отсыревания сахара увеличивается:

- 1) при повышении абсолютной и относительной влажности воздуха окружающего сахар;
- 2) с увеличением разности температур между сахаром и окружающим его воздухом;
- 3) при понижении температуры сахара.

Остановимся теперь на выявлении зависимости при отсыревании сахара между его массой и количеством влаги в весовых единицах, конденсирующейся на нем. Назовем это «абсолютным количеством влаги», выделяющейся на сахаре и будем в дальнейшем держаться этого названия в отличие от «относительного количества», выражаемого в процентах по весу сахара.

Очевидно, что решение поставленного вопроса включает в себя определенное соотношение между массой отсыревающего сахара и его поверхностью, воспринимающей на себя конденсирующуюся из воздуха влагу. При изменении этого соотношения, естественно, меняется и количественный эффект отсыревания.

Поверхность сахара, будет ли это песок или рафинад, складывается из внутренней и внешней поверхности. При чем первая, ограничивающая межкристаллическое пространство, во много раз больше второй. Все же в процессе отпотевания сахара главное значение имеет наружная его поверхность, так как по ней преимущественно происходит свободное соприкосновение сахара с окружающим его воздухом. Конечно, последний непосредственно соприкасается через поры сахара и с воздухом межкристаллического пространства. Однако капиллярность затрудняет свободное сообщение и смешивание наружного воздуха с воздухом межкристаллического пространства, понижая возможность отпотевания сахара внутри его массы, что в предыдущем изложении уже было в своем месте разобрано.

Помимо этого под влиянием находящейся в сахаре патоки возможна при известных условиях и заливка ею наружных пор сахара, а, следовательно, в известной мере и изоляция внутренней поверхности сахара от соприкосновения с наружным воздухом. Таким образом говоря об отсыревании сахара надлежит считаться главным образом с наружной поверхностью сахара. Если же принять это положение, то в таком случае, рассматривая поставленный вопрос, надо держаться определенного соотношения наружной поверхности и массы в сахаре, подвергающемся отсыреванию. В виду этого в настоящей работе все опыты велись с рафинадом, взятым в форме правильных кубиков, что должно иметь в виду как при рассмотрении вопроса в настоящем случае, так и при оценке полученных при этом выводов вообще.

Переходя к самому рассмотрению зависимости между абсолютным количеством выделяющейся росы и массой отсыревающего сахара, сопоставим два тождественных по условиям, но различных по массам сахара опыта № 25 и № 34.

При этом оказывается, что абсолютное количество осаждающейся росы на большей массе сахара значительно больше, чем на меньшей. При отношении масс сахара равном 76:150, отношение количеств выпавшей росы отвечает 0.0585:0.1538. Таким образом, большей массе соответствует большее абсолютное количество выделившейся росы. Это положение может быть подтверждено рядом других сопоставлений, напр., опытами № 28 и 37 или № 29 и 38 и т. д.

Для возможности наглядно представить это положение ниже приводится табличка, где помещены близкие по условиям, но различные по массам отсыревающего сахара опыты, подобранные так, что попарно они совершенно тождественны в отношении условий.

ТАБЛИЦА 9.

№ опытов	Характеристика пробы сахара		Условия опыта			Измен. веса сахара после отсыревания		Степень отсыревания сахара	
	Вес в граммах	Поверхность в кв. сант.	Относительная влажность в камере	Темпер. °С		В граммах	В % по весу сахара	В весов. % на 100 кв. см. поверхн.	В граммах на 1000 гр. сахара
				Сахара	Камеры				
54	81.97	96	820/0	2°	22°	0.0610	0.074	0.074	7.4
112	9.05	24	82	2	22	0.0086	0.095	0.396	9.5
60	80.38	96	95.50/0	5°	22°	0.0535	0.066	0.069	6.6
44	36.71	54	95.5	5	22	0.0267	0.072	0.152	7.2
35	150.56	150	64	5	28	0.0520	0.034	0.023	3.4
26	76.12	96	64	5	28	0.0115	0.053	0.053	5.3

Из приведенного сопоставления отчетливо вырисовывается положение о том, что большим массам отсыревающего сахара отвечает и большое абсолютное количество выделяющейся на нем росы. Количество же ее, приходящееся на единицу веса, напр., на 1000 гр. сахара, при меньших массах отсыревающего сахара относительно больше. Еще резче это возрастание степени отсыревания с уменьшением массы сказывается в отношении поверхности сахара.

В опытах № 35 и № 26 при отношении масс сахара 150:76, т.-е. около 2:1, отношение количеств выпавшей росы на 100 кв. см. поверхности отвечает 0.023:0.054, т.-е. около 1:2. Особенно рельефно выступает влияние массы при опытах № 54 и № 112. Здесь при отношении масс 81.97:9.05, или проще 9:1, отношение степени отпотевания наружной поверхности сахара отвечает 0.074:0.396 или 1:5.

Положение это является чрезвычайно существенным для решения вопроса о том, как нужно укладывать сахар для предохранения его от отсыревания, если он сухой, и какова должна быть его укладка в случае излишней в нем влаги, так как процесс обсыхания сахара идет в обратном порядке процесса отсыревания.

Итак, большим массам отсыревающего сахара отвечает и большее абсолютное количество выделяющейся на них росы, малым же массам—большая степень отсырения, особенно наружной их поверхности.

Если же встречаются некоторые опыты как будто бы не следующие указанной законности, то причины этого лежат или в привходящих обстоятельствах, напр., в допущении во время охлаждения сахара некоторого его обсыхания и т. п., или в том, что влияние массы сахара в отдельных случаях подавляется более сильными влияниями иных факторов.

Результаты опытов с равными или очень близкими по величине массами сахара, напр. в № 112 и № 117 говорят за то, что на одинаковых массах в одинаковых условиях отсыревания выделяются равные количества росы.

Изложенное выше приводит к следующим положениям:

1. При всех одинаковых условиях отсыревания абсолютные количества конденсирующейся на сахаре влаги больше при больших его массах.

2. С уменьшением монолитной массы отсыревающего сахара связано относительное возрастание на единицу массы абсолютного количества выделяющейся при этом влаги.

Все опыты отсыревания сахара неизменно сопровождались последующим его обсыханием. Не вдаваясь в детальный разбор этого явления, кратко отметим здесь наиболее характерные черты этого явления и условия его развития.

Данные всех опытов определенно говорят за то, что процесс обсыхания выявляется непосредственно за окончанием отсыревания. Он проявляется в тех же самых внешних условиях температуры и влажности, в каких шло предшествовавшее ему отсыревание сахара.

Наиболее сильно сказывается обсыхание в первый период времени по окончании отсыревания. Затем интенсивность этого процесса постепенно спадает, чрезвычайно замедляясь с течением времени. Просматривая результаты произведенных опытов можно легко заметить, что обсыхание сахара увеличивается с понижением влажности воздуха окружающего сахар. Тому же способствует увеличение температурной разности между сахаром и воздухом.

Увеличение внешней поверхности сахара при тождественности всех прочих условий ведет к повышению степени обсыхания.

Низкая температура не исключает возможности обсыхания сахара.

Обсыхание сахара протекает значительно медленнее его отсыревания. И если отсыревание сахара происходит в несколько минут, то для удаления поглощенной воды требуется в лучшем случае часы просушки.

Положение это имеет большое значение в деле хранения сахара в складах как и в отношении обслуживания последних. Настоячиво и неизменно рекомендуемое проветривание складов широко применяемое на практике не учитывая этого положения нередко жестоко грешит в отношении интересов хранимого сахара.

Заканчивая анализ результатов экспериментальной части работы, не безинтересно отметить некоторые внешние изменения сахара в связи с его многократным отсыреванием и последующим обсыханием. Исходный рафинад имел влажность 0,10—0,15% по весу. По истечении 2—3 месяцев работы средняя влажность взятых проб колебалась около 0,66%. Таким образом, несмотря на кратковременность отсыревания при повторении их до 15—20 раз и больше для отдельного куска, влажность сахара поднималась до 0,5% и выше. Через 6—10 случаев отсыревания, в зависимости от его степени, испытываемый кубик рафинада снаружи заметно изменялся. Он становился блестящим и покрывался как бы слоем прозрачной эмали. Явление это сохранялось и в дальнейшем до конца опытов. При раскалывании такого отсыревшего кубика рафинада в нем обнаруживался наружный более темный слой толщиной в 2—3 миллиметра. Наружный слой представляет собою массу обычных для рафинада кристаллов сахарозы, пространство между которыми залито раствором сахара, в свою очередь закристаллизовавшимся в мелких прозрачных кристалликах. Внутренняя толща пробы рафинада в изломе имеет вид явно отсыревший, но более светлый, чем в наружном слое испытываемого кубика сахара. Общий вид излома отсыревшего кубика говорит за неравномерность отсыревания сахара при переходе от поверхности к середине. Так как отсыревание в различной степени обычно влечет за собою неодинаковое изменение сахара и в частности образование в нем редуцирующих веществ, то поэтому явилась мысль проследить изменение степени отсыревания сахара в различных слоях опытного кубика рафинада по количеству образовавшихся в нем на различной глубине его толщи редуцирующих веществ. Для осуществления этой задачи применялся такой метод работы: опытный кубик рафинада распиливался пилкой обыкновенного лобзика на слои в 2—3 мм. в порядке перехода от поверхности кубика вглубь его. Из выпиленных слоев рафинада

получились средние пробы, которые исследовались по методу Бертрана на редуцирующие вещества, затем перечисляемые на инвертный сахар.

Результаты испытания нескольких отсыревших кубиков на различной глубине от их поверхности представлены в нижеследующей табличке, где даны: размеры отдельного кубика величиной его ребра в сантиметрах и содержание редуцирующих веществ, выраженных в инвертном сахаре и перечисленных на весовой процент в исходном сухом сахаре.

ТАБЛИЦА 10.

№ кубика	Ребро кубика в см.	Содержание редуцирующих веществ в весовых ‰ сахара					
		В исходном рафинаде	П о с л е о т с ы р е в а н и я				
			В поверх- ностном слое в 3 мм	На глубине от поверхности.			
				5 мм.	10 мм.	18—20мм.	23—25мм.
1	5	Следы	0.35‰	0.68‰	0.48‰	—	0.84‰
2	4	»	0.45‰	0.60‰	—	0.52‰	—
3	4	»	0.33‰	0.42‰	0.43‰	0.31‰	—

Из приведенного видно, что количество редуцирующих веществ, а, следовательно, и отсыревание сахара при переходе от его наружной поверхности внутрь постепенно повышается, но с известной глубиной начинается опять уменьшение, так что при ребре кубика в 4—5 см. центральная часть сахара оказывается менее богатой редуцирующими веществами, чем слои, лежащие ближе к внешней поверхности, в рассматриваемых случаях на 10 мм от нее. Причина этого понятна, ее до известной степени подсказывает и внешний вид излома отсыревшего сахара. В поверхностном застеклованном слое, более сухом, разложение отсыревшего сахара идет медленнее, чем во внутренних более влажных слоях. При этом, очевидно, что чем ближе слой к наружной поверхности, тем у него больше возможности для обсыхания, а потому и количество редуцирующих веществ в нем меньше сравнительно с глубже лежащими слоями сахара. Уменьшение же количества редуцирующих веществ в центральной части кубиков является следствием меньшей влажности этой области в силу препятствий, затрудняющих распространение отсыревания в толщу сахара, возрастающих с удалением от наружной поверхности сахара.

Итак, по вопросу об изменении сахара многократно отсыревшего и обсыхавшего в условиях опытов, выявляются следующие положения:

1. Сахар в поверхностном слое в 2—3 мм толщиной представляется остеклованным; остальная масса является ясно отсыревшей по всей своей толще.
2. Отсыревание в наружном поверхностном слое ниже, чем в последующих, где влажность постепенно до известной глубины возрастает, после чего начинает снова уменьшаться.

Следует отметить, что при отсыревании на складах обычно остекловывания наружного слоя сахара не наблюдается, так как на складах смена отсыревания и обсыхания не происходит так резко, как это имело место в условиях рассматриваемых опытов.

Все изложенное выше и сделанные в связи с этим выводы относительно отсыревания сахара исходили из анализа взаимоотношений в определенных температурных условиях атмосферного воздуха и сахара.

При этом сахар рассматривался состоящим только из двух слагающих, именно, чистой кристаллической сахарозы и включенного в его межкристалльное пространство влажного воздуха. В действительности кроме этих двух слагающих как сахарного песка, так и рафинада, имеется еще одна, именно, патока, т. е. водный концентрированный раствор сахарозы с известным содержанием несахаров.

Количество и качество последних, как и самой патоки с течением времени под влиянием внешних и внутренних факторов может значительно меняться. Очевидно, что патока сахара, подпадая всем влияниям, какие воспринимает на себя сахар, в свою очередь производит известное воздействие на соприкасающиеся с ней воздух и кристаллическую сахарозу, на поверхности которой эта патока равномерно распределяется во всей массе сахара. Благодаря этому во взаимоотношении воздуха с твердым сахаром непосредственного соприкосновения в действительности нет. Оно исключается слоем патоки и заменяется взаимоотношением этой патоки с одной стороны, с воздухом, с другой, с кристаллической сахарозой, на поверхности которой распределяется патока.

Это обстоятельство нисколько не нарушает правильности ранее сделанных выводов о взаимоотношении сахара и воздуха, так как в этом случае сахароза, составляющая массу сахара, рассматривалась только со стороны ее температуры, а не иных ее свойств. Отсюда ясно, что сущность разбиравшихся ранее вопросов совершенно не меняется наличием в сахаре патоки, если только эта патока имеет одинаковую температуру с кристаллической массой сахара.

Остановимся теперь на взаимоотношении патоки с массой чистой кристаллической сахарозы.

При изменении температуры меняется растворимость сахарозы, она увеличивается с повышением температуры и уменьшается с ее понижением. Поэтому при температурных колебаниях наличием патоки в сахаре независимо от всех прочих условий является средством, нарушающим целостность сахара. При нагревании происходит растворение в патоке массы твердой сахарозы. Это увеличивает количество патоки и как бы усиливает отсыревание сахара, не увеличивая абсолютно количества содержащейся в нем влаги.

Понижение температуры должно вести к выкристаллизовыванию содержащегося в патоке сахара. Однако этот процесс идет значительно медленнее по многим причинам, именно, в виду наличия и накопления со временем несахаров в патоке, в виду возможности пересыщенных растворов и т. д. Таким образом, наличием патоки в сахаре при возможности температурных изменений помимо всех прочих условий является фактором физически способствующим переходу сахара из твердого состояния в раствор независимо от увеличения количества влаги в сахаре.

Значение патоки во взаимоотношении сахара с воздухом вытекает из того, что вся влага, выпадающая на сахаре при его отсыревании воспринимается только поверхностью патоки, также как и обсыхание сахара связано только с испарением патоки с ее поверхности. В том и другом случае изменяется концентрация патоки, а это в свою очередь ведет, то к растворению твердой кристаллической сахарозы, то к выпадению ее из раствора.

Сказанное говорит о том, что взаимоотношение воздуха с сахаром при наличии в нем патоки неразрывно связано с одновременным взаимоотношением патоки с твердой сахарозой массы сахара. Таким образом, вопрос о возможностях отсыревания или обсыхания сахара сводится к выяснению условий равновесия системы: твердая сахароза, насыщенный водный ее раствор и водяные пары воздуха.

Над этим вопросом останавливается В. С. Тверцын¹⁾, выяснявший условия отсыревания сахара во время его следования морем на Дальний Восток, результаты чего приводятся ниже.

Рассматривая систему из кристалла чистой сахарозы и паров воды в окружающем воздухе, не трудно видеть, что отпотевание сахара при соответствующих температурных разностях сахара и воздуха возможно при всякой влажности от 0 до 100%.

При отсыревании сахара тотчас же наступает его растворение в выпавшей на нем росе. В результате на твердой сахарозе появляется раствор ее, т. е. патока.

Равновесие между раствором и его паром вполне определяется положением Рауля. При чем относительное понижение упругости насыщенного пара растворителя при растворении в нем какого-либо вещества равно отношению числа растворенных молекул к числу молекул растворителя.

Равновесие между раствором сахара и его паром в то же время обеспечивает равновесие между раствором сахара и нерастворенной кристаллической его массой.

Таким образом при этих условиях твердая сахароза больше не растворяется в покрывающей ее патоке, последняя тоже сохраняет свою концентрацию не разжижаясь или не становясь более концентрированной, т. е. она при этом не испаряется.

При таких условиях равновесие всей системы (сахар, его раствор и влажный воздух) определяется одним требованием, состоящим в том, что упругость паров воздуха должна равняться упругости пара раствора, покрывающего кристаллическую массу еще нерастворенного сахара. Это приводит к тому, что возможность сохранения сахара без отсыревания или обсыхания сводится в рассматриваемой плоскости к вопросу об определении для данной температуры упругости паров раствора сахара, т. е. патоки на кристаллах его, так как этим определяется равная ей упругость паров воздуха при данной для сахара температуре. Имея то и другое, легко определить соответствующую влажность воздуха, обеспечивающую возможность сохранения сахара без отсыревания и обсыхания, выражением чего служит равновесие указанной выше системы.

Все сказанное не вызывало бы никаких возражений при разбавленных растворах.

В рассматриваемом же случае приходится иметь дело с насыщенными растворами сахара, относительно которых закон Рауля может дать только некоторое приближение.

Тем не менее при отсутствии иных возможностей представляется неизбежным стать именно на этот путь решения вопроса, так как, не имея прочных положений для насыщенных растворов, возможно и таким методом найти, хотя бы общие руководящие выводы, облегчающие понимание разбираемого явления.

При таких условиях для определения упругости раствора сахара указанной выше системы возможно воспользоваться известной формулой для пара разбавленных растворов.

Формула эта имеет такой вид:

Где:

$$\frac{p_1}{p} = \frac{N}{N+n} \dots \dots \dots (1) \quad \left\{ \begin{array}{l} p_1 — \text{упругость пара раствора.} \\ p — \text{упругость пара растворителя.} \\ N — \text{число молекул растворителя.} \\ n — \text{число молекул растворенного тела.} \end{array} \right.$$

¹⁾ В. Сах. Пром.—1915 г.—96—167 стр.

Из приведенной формулы получаем интересующую нас упругость пара раствора— p_1 , при содержании в растворе n молекул растворенного тела и N —молекул растворителя.

$$p_1 = p \frac{N}{N+n}$$

Помножая обе части исходного уравнения на 100, получаем в первой части выражение влажности в процентах, или относительную влажность воздуха, численное значение которой определяется второю частью уравнения:

$$100 \frac{p_1}{p} = 100 \frac{N}{N+n} = \text{влажность в процентах.}$$

Очевидно, что все рассуждения, применимые к упругости пара раствора— p_1 , приложим и к величине $100 \frac{p_1}{p}$, т. е. к относительной влажности воздуха окружающего сахар. Это значит, что условия равновесия взятой ранее системы, а следовательно, и возможность сохранения сахара без отсыревания и обсыхания выразятся так:

относительная влажность воздуха, окружающего сахар, должна равняться относительной влажности обусловливаемой насыщенным раствором сахара при данной температуре.

Таким образом, в нашем распоряжении имеется выражение, приблизительно определяющее величину относительной влажности воздуха, повышение которой при данной температуре ведет к отсыреванию сахара. Численное значение этой предельной влажности определяется формулой $\frac{N}{N+n} 100$. Пользуясь этой

формулой можно установить для любой температуры предельную влажность воздуха, до которой сахар не отсыревает. Для этого нужно только знать растворимость сахара при различных температурах в состоянии насыщенных растворов, что известно и представлено ниже приводимой таблицей.

ТАБЛИЦА 11.

Температура °C	В 1000 куб. см растворяется гр. сахара
0	1792
5	1847
10	1905
15	1970
20	2039
25	2114
30	215
35	2284

Зная молекулярный вес воды—18, найдем, что в одном литре воды содержится

$$\frac{1000}{18} = 55.55 \text{ грамммолекул воды т. е.}$$

$N = 55.55$. Что же касается количества грамммолекул чистой сахарозы n , находящихся в насыщенных растворах в одном литре воды при различных температурах, то это определяется, деля соответствующие числа только что приведенной таблицы на молекулярный вес сахарозы—342.

Так при 0° в 1000 куб. см. воды растворяется 1792 гр. сахарозы. Откуда

$$n = \frac{1792}{342} = 5.24 \text{ гр. мол. сахарозы,}$$

а потом предельная влажность воздуха для этих условий отвечает

$$\frac{N}{N+n} 100 = \frac{55.55}{55.55 + 5.24} = 91,3\%$$

Вычисляя подобным образом были получены¹⁾ величины предельных влажностей для сахара при различных температурах, что приводится ниже в таблице.

¹⁾ В. Сах. Пром. 1915 г. 168 стр.

Здесь же дается предельная влажность для сахара, где сахароза, переходящая в раствор целиком, подвергалась инверсии, при чем «n» превратились в «2 n», так как одна молекула сахарозы инвертируясь дает две молекулы гексозы.

По мере инверсии сахара в раствор переходит новое количество сахарозы что приводит к тому, что «n» в пределе достигает значения равного трем.

В виду этого в таблице приведены и значения $\frac{N}{N+n} \cdot 100$

Т А Б Л И Ц А 12.

Температура °C	Предельная относительная влажность воздуха, ис- ключающая возможность отсыревания сахара при		
	$\frac{N}{N+n} \times 100$	$\frac{N}{N+2n} \times 100$	$\frac{N}{N+3n} \times 100$
0°	91,3 ⁰ / ₀	84,1 ⁰ / ₀	77,9 ⁰ / ₀
5	91,0	83,6	77,4
10	90,8	83,1	76,8
15	90,6	82,6	76,2
20	90,3	82,1	75,5
25	89,9	81,6	74,9
30	89,6	81,1	74,2
35	89,2	80,6	73,5

Как видно из второй графы приведенной таблицы, влажность обуславливаемая насыщенным раствором исключительно химически чистой сахарозы в пределах от 0° до 35°C, колеблется от 91,3 до 89,2⁰/₀. Очевидно что это случай теоретический или практический исключительный.

Сахар, выпускаемый рафинадными, а тем более свеклосахарными заводами обычно содержит в своей патоке известное количество неорганических и разнообразных органических веществ, как инвертный сахар и продукты его распада и превращения. Благодаря этому более реальным случаем представляется, отвечающий условию

$$\frac{N}{N+3n}$$

Это говорит о том, что практически предельная влажность воздуха исключая возможность отсыревания сахара колеблется в зависимости от температуры от 73,5 до 77,9⁰/₀.

В условиях же заметного отсыревания и лежалости сахаров предельная влажность для предупреждения дальнейшего отсыревания сахаров должна быть еще ниже.

Это говорит о том, что при хранении сахара в складах влажность внутри последних ни в коем случае не должна падать ниже 73,5—77,9⁰/₀; летом она ниже, зимою выше.

Как только влажность воздуха поднимается выше предельного значения для данной температуры, так сейчас же начинается отсыревание сахара. Процесс отсыревания останавливается тогда, когда из воздуха выпадет на сахар столько воды, что влажность воздуха станет равной влажности обуславливаемой растворами патоки на сахаре.

Если воздух, окружающий сахар, будет беспрерывно возобновляться при этих условиях (случай усиленной вентиляции склада), то очевидно, что процесс не остановится, а будет идти до тех пор, пока весь сахар не перейдет в раствор.

При отсутствии вентиляции в тех же условиях избыточной влажности воздуха, количество влаги, могущей осесть на отсыревающем сахаре ограничено. Оно определяется разностью влажности воздуха и предельной влажности для данной температуры и прочих условий, затем объемом воздуха соприкасающегося с сахаром и их температурой.

Из всего сказанного можно также заключить, что более чистый и сухой сахар отсыревает при высшей влажности, т. е. он является более стойким в отношении отсыревания и потому оказывается более прочным сравнительно с менее чистым и относительно влажным сахаром. Поэтому те районы, где посылаемому сахару по климатическим или иным условиям грозит в большей мере отсыревание, следует снабжать по возможности сухим и высококачественным сахаром.

Сопоставляя все рассмотренное выше следует отметить преобладающее значение температурных условий в деле хранения сахара на складах.

Значение, для хранения сахара, температурных условий и влажности атмосферного воздуха при чрезвычайной его изменчивости в этом отношении делают неизбежным применение в промышленности сахарных складов.

В идеале эти склады должны представлять собою термостаты, могущие вполне устойчиво обеспечивать сохранение в пространстве склада необходимых для сахара температуры и влажности независимо от времени года, погоды и вообще состояния наружного воздуха. Очевидно, что такого рода задача при громадном количестве сахара, ежегодно выпускаемом каждым заводом в короткое время производства, оказывается технически и экономически не доступной. Поэтому промышленность пользуется более дешевыми и простыми, в громадном большинстве, не отапливаемыми складами. Задача их значительно меньше. Помимо предохранения сахара от дождя, снега и т. п. главное назначение таких складов состоит в том, чтобы смягчая воздействие на сахар резких температурных колебаний атмосферного воздуха, тем самым предотвратить или хотя бы ослабить связанное с этим отсыревание сахара.

При этих условиях очевидно, что устройство сахарных складов в значительной мере зависит от того, где ставится данный склад. Естественно, что устройство склада, преследуя одну и ту же цель будет очень различно, напр., для о. Куба, Сев. Италии, Харьковской губернии и г. Якутска. Таким образом, устройство склада определяется в значительной мере местными климатическими условиями. Но помимо индивидуальных особенностей в связи с географическим положением склада, все сахарные склады должны иметь определяемые их задачей общие основные черты. Таковые вытекают из того, что склад является промежуточной воздушной средой во взаимодействии хранимого сахара и наружного атмосферного воздуха. Следовательно вопрос сводится к выяснению взаимоотношения сахара с воздушным пространством и к освещению того, как эти взаимоотношения меняются в связи с изменениями состояния наружного воздуха.

Имея в настоящем случае в виду вопрос о рациональном устройстве сахарных складов в Сибири, остановимся на особенностях местного климата. Жизнь Сибири с точки зрения интересов хранения сахара в складах главным образом сосредоточивается в пределах климатической полосы, определяемой Сибирской жел. дорогой и сравнительно короткими ее боковыми южными ветвями. Главными пунктами средоточия сахара в Сибири являются Челябинск, Омск, Ново-Николаевск, Томск, Барнаул, Красноярск, Иркутск. В климатическом отношении все эти пункты достаточно близки друг к другу и имеют общую отличительную черту, очень существенную для вопросов хранения сахара, именно, резко выраженную континентальность, свойственную вообще Сибири. Характерным из перечисленных пунктов представляется Томск, расположенный наиболее северно и к тому же рядом с громадными таежными пространствами. Так как в Томске обычно сосредоточиваются очень большие

количества сахара, то поэтому остановимся на рассмотрении климата г. Томска, как типичного пункта в отношении вопроса хранения в Сибири сахара на складах.

Географическое положение Томска¹⁾: широта $56^{\circ}30'$, долгота $84^{\circ}56'$, высота над уровнем моря 100—180 метров.

Средние месячные температуры.

Январь	19,6°C	Июль	18,7°C	Зима	—18,0°C
Февраль	16,8	Август	15,7	Весна	— 0,7
Март	9,8	Сентябрь	9,4	Лето	17,0
Апрель	0,7	Октябрь	0,3	Осень	— 0,3
Май	8,5	Ноябрь	—10,6	Год	— 0,6
Июнь	15,7	Декабрь	—17,5		

Из таблицы видно, что самый холодный месяц январь ($-19,6^{\circ}$), температурный максимум в июне ($18,7^{\circ}$), шесть месяцев со средней температурой ниже нуля. Амплитуда годовых колебаний средней месячной температуры $38,3^{\circ}$.

Наибольшие и наименьшие абсолютные показания температура в часы наблюдений за 37 лет дает помесечно чрезвычайно большие колебания.

	Наивысшая	Наинизшая	Амплитуда
Январь	3,8°C	—49,8°C	53,6
Февраль	4,2	—46,1	50,3
Март	9,3	—42,1	51,4
Апрель	24,4	—26,4	50,8
Май	30,3	—10,6	40,9
Июнь	35,0	1,3	33,7
Июль	35,6	5,7	29,9
Август	31,4	1,7	29,7
Сентябрь	26,9	— 8,1	35,0
Октябрь	22,1	—26,8	50,9
Ноябрь	9,4	—46,7	56,1
Декабрь	2,8	—51,2	54,0

Величина температурной амплитуды за месяц колеблется от 29,7 до $56,1^{\circ}$. Она меньше летом.

Непостоянство томского климата особенно ярко выражается в резких переменах температуры при переходе от одного дня к другому непосредственно следующему.

Ниже приводятся несколько примеров особенно резких изменений температуры при отсчете ее в 7 ч. утра за два непосредственно следующих друг за другом дня.

Температура поднялась:

на $35,6^{\circ}$	при переходе от 4 на 5 декабря 1879 г.
» $33,5^{\circ}$	» » » 30 » 31 декабря 1895 г.
» $26,4^{\circ}$	» » » 13 » 14 ноября 1910 г.
» $15,6^{\circ}$	» » » 6 » 7 апреля 1910 г.

В таких же условиях температура понизилась:

на $33,4^{\circ}$	при переходе от 13 на 14 февраля 1879 г.
» 29,1	» » » 19 » 20 февраля 1895 г.
» 27,6	» » » 2 » 3 марта 1876 г.
» 27,2	» » » 23 » 24 марта 1910 г.
» 20,1	» » » 1 » 2 апреля 1879 г.
» 29,2	» » » 14 » 15 ноября 1902 г.
» 30,6	» » » 13 » 14 декабря 1879 г.
» 36,9	» » » 23 » 24 декабря 1890 г.

¹⁾ По данным: «Летописи Н. Обс», работам Г. К. Тюменцева и текущим отчетам метеоролог. станции Томск. Технолог. Инст-та.

Эти колоссальные температурные скачки особенно характерны для Сибирского климата и вместе с тем опасны для отсыревания сахара. Начало этого явления, притом в очень значительной степени, падает для Томска и вообще для Сибири на февраль и март месяцы. Обстоятельство это следует учесть в вопросе о времени отправки сахара в Сибирь.

Средняя влажность воздуха в Томске такова:

	Абсол.	Относ.		Абсол.	Относ.		Абсол.	Относ.
Январь	1.0	80%	Май	5.2	62%	Сентябрь	6.8	77%
Февраль	1.1	78%	Июнь	9.1	68%	Октябрь	3.9	79%
Март	1.8	73%	Июль	11.7	74%	Ноябрь	2.0	81%
Апрель	3.1	67%	Август	10.3	78%	Декабрь	1.2	82%

Приведенные данные говорят о том, что климатические условия г. Томска и вообще Сибири очень мало благоприятствуют хранению здесь на складах сахара. В то же время они предъявляют высокие требования к устройству, оборудованию складов и к пониманию здесь сущности ухода за хранимым в них сахаром.

В виду выясненного преобладающего влияния температурных условий на процессы отсыревания сахара, анализ условий хранения его на складах целесообразно провести применительно к случаю наиболее резкого проявления температурных влияний. Таким случаем представляется сахарный склад в г. Томске, на котором в дальнейшем мы и остановимся, говоря о хранении сахара в Сибири.

Температурные условия и влажность воздуха на складе является результатом воздействия на воздушное пространство склада внешнего атмосферного воздуха, массы хранимого сахара, наконец, в известной мере земли, на которой стоит склад, если он не находится на втором этаже. Все эти влияния как в отдельности взятые, так и в своей совокупности с течением времени меняются. В связи с этим необходимо иметь представление о последовательных изменениях в течение всего года метеорологических условий района данного склада. Знакомство и изучение этих данных относительно последовательных изменений температуры и влажности атмосферного воздуха дает указания на возможности и степень угрожающего сахару отсыревания.

Для того, чтобы дать ясное представление об этом, не утруждая себя массой цифр, требующих длительного изучения и сопоставлений их ниже приводится графическое их изображение на чертеже I. График охватывает целый год и включает диаграммы последовательных изменений по суточно, именно: минимум-а и максимум-а относительной влажности и температуры за 1925 год, а также дает последовательные изменения, но уже по средним месячным данным относительной, абсолютной влажности и температуры за период 1885—1910 года.

Для вопроса о массовом хранении сахара в складах Сибири эти диаграммы интересны только за время первой половины года, так как сахар поступает на сибирские склады главным образом за время январь-март, а к концу лета или осенью склады обычно уже освобождаются от сахара.

Анализ данных чертежа I дает очень много интересного. Прежде всего остановимся на влажности.

Характер посуточных изменений в диаграммах относительной влажности за 1925 год выявляет вообще чрезвычайно большие колебания, что характерно для Сибири. Особенно резкими и частыми они становятся, начиная со середины мая, удерживаясь затем, хотя и в несколько смягченной форме и с замедленным темпом на июнь и июль месяцы.

Наибольшим колебаниям подвержены суточные минимумы относительной влажности. Это вызывает временами значительное расхождение средней суточной и минимума влажности. Расхождение это резко, но сравнительно короткими периодами проявляется за февраль. Исчезая в течение марта и мимолетно сказываясь в апреле, оно снова появляется со середины мая, становясь уже устойчивым и значительным, особенно в июне месяце. Положение это, удерживается и дальше, но с относительно короткими перерывами в первой половине июля, середине августа и начале сентября.

В последующие октябрь и ноябрь месяцы расхождение средней суточной и минимума влажности то увеличиваясь, то уменьшаясь, постепенно исчезает, становясь эпизодическим и очень небольшим в ноябре—декабре месяцах.

Отмеченные колебания в величине расхождения минимума и максимума, а следовательно и расхождение их со средней суточной относительной влажностью имеет в связи с температурными изменениями очень большое значение в отношении возможности отсыревания сахара при хранении. Чем больше расхождение, тем больше опасность отсыревания сахара. Из сказанного следует, что февраль, начало апреля месяца и период с середины мая по июль включительно являются в отношении возможностей отсыревания сахара угрожающими.

Относительная влажность к наиболее опасному периоду май—июль заметно спадает, но это мало улучшает положение, так как абсолютная влажность к этому времени чрезвычайно возрастает. В мае и июне месяцах она сравнительно с январем и февралем, как показывает диаграмма, увеличивается в 5—10 раз. Это говорит о том, что возможное отсыревание за май—июль не только сравнительно с февральским велико, но и по абсолютной своей величине оно должно быть очень значительно. Помимо этого в данном случае необходимо принять во внимание и установленную кратковременность процесса отсыревания и сравнительно очень большую длительность соответствующего ему обсыхания. Это обстоятельство при неизбежной повторности отсыревания по условиям сибирского климата, как это видно из диаграмм чертежа I, неминуемо должно приводить хранимый сахар в период май—июль к очень высокой степени отсыревания.

В условиях атмосферного воздуха явление отсыревания теснейшим образом связано с температурными изменениями. В связи с этим обратимся к рассмотрению по чертежу I диаграмм суточных температурных минимумов и максимумов за 1925 г. Из чертежа видно, что ход температурных изменений выявляет то же самое, что и кривые влажности. Та же резкость переходов, те же характерные периоды, та же стремительность изменений в соответствующие периоды года. Наблюдается полное соответствие в течении кривых для средних месячных температур и для абсолютной влажности. Та и другая, постоянно повышаясь, претерпевают перелом в середине июля. Соответственно этому протекает и снижение кривой относительной влажности по средним месячным, но перелом ее падает на середину мая. В общем и течение температурных кривых чертежа I отмечает уже ранее выявленные периоды: февральский и, главным образом, майско-июньский, как наиболее опасные в отношении возможности отсыревания сахара.

При рассмотрении условий отсыревания сахара было установлено, что с количественной стороны для результатов этого процесса имеет большое значение абсолютная величина разности температуры воздуха и температуры отпотевания сахара или соответствующей точки росы для воздуха, выделяющего эту росу.

В связи с этим приводится чертеж II. В нем представлены: одна диаграмма суточных максимумов и другая диаграмма соответствующих им температурных точек росы в °C вычисленных по средней суточной относительной влажности для Томска за 1925 год. При таких условиях изменение величины отрезков ординат между линиями упомянутых диаграмм, представленными на чер-

теже II, выражают относительное увеличение или уменьшение количества выделяющейся росы при данной температуре и соответствующей, по диаграмме чертежа I, влажности воздуха. Для возможности отчетливо и наглядно представить себе это положение в целом, не вдаваясь в детали на чертеже II нанесены еще две диаграммы средних месячных, во первых, суточных температурных максимумов и во вторых, средних, месячных температур точек росы за тот же год.

Расхождение этих кривых наблюдается в течение всего года при наименьшей величине его в 2°C за январь, декабрь месяцы. Следовательно в течение всего года неизменно остается возможность для отсыревания. Наименьшее среднее месячное расхождение температур в декабре и январе равно 2°C . Положение остается почти неизменным до половины апреля, причем указанная разность температур к этому времени отвечает $2,2^{\circ}\text{C}$. После этого идет быстрое, постоянное нарастание температурной разности. К середине мая она становится равной $6,9^{\circ}\text{C}$. Наибольшей величины она достигает в июне— $8,0^{\circ}$, затем в последующие два месяца постепенно спадает. В сентябре опускается до $3,4^{\circ}$ и затем достигнув этого уровня неуклонно снижается за последующие три месяца к низшему пределу $2,0^{\circ}$ в конце года.

Из сказанного видно, что подходя к вопросу с только что разобранной стороны, можно заключить, что период наибольшего отсыревания в Сибири ложится на время со середины апреля до середины августа. Самое большое отсыревание проявляется в июне месяце, после чего в дальнейшем оно довольно быстро спадает к августу. Наибольшее значение в вопросе сохранения сахара имеет период времени с марта по июль. Это обстоятельство надлежит учесть при устройстве складов сахара в Сибири.

Говоря о возможностях отсыревания сахара в Сибири с количественной стороны приходится принять во внимание не только точку росы обусловливаемую состоянием атмосферного воздуха в отношении его температуры и влажности, но независимо от этого нужно также учесть и степень охлаждения сахара при поступлении его на сибирские склады. В связи с этим должно отметить, что пересылаясь из свеклосахарных южных районов масса сахара в громадном большинстве случаев продвигается по сибирской дороге в течение нескольких недель в декабре январе, т. е. во время наиболее жестоких сибирских морозов когда температура порою падает до— $35-40^{\circ}\text{C}$. вообще держась на очень низком уровне. Таким образом, это обстоятельство связано с планомерным массовым сильным охлаждением сахара перед поступлением его на Сибирские склады. Очевидно, что это имеет свое значение, так как в дальнейшем обуславливает замедление прогресса сахара в складах и способствует повышению степени его отсыревания.

Подводя итоги произведенному анализу климатических условий Сибири в отношении возможности и условий продолжительного хранения здесь сахара на складах можно сделать некоторые общие выводы.

1. Климатические условия Сибири способствуют возможностям отсыревания сахара при продолжительном хранении его на складах.

2. Постоянство и неизбежность в Сибири температурных колебаний и влажности при значительной величине их, говорят за то, что конечное отсыревание сахара в Сибири должно быть значительно большим, чем в Европейской части СССР в районах сахарного производства при тех же условиях хранения.

3. Возможности отсыревания особенно благоприятствуют: февраль, начало апреля и главным образом период с мая по август. Наибольшая степень развития процесса отсыревания—в июне.

4. Перевозка сахара в Сибирь в наиболее холодное зимнее время способствует увеличению степени отсыревания в весенний период, особенно опасный по своим последствиям для сахара.

Общее заключение сводится, во первых, к нецелесообразности делать Сибирь местом продолжительного хранения значительных масс сахара потребляемых здесь, но вырабатываемых в современных свеклосахарных районах Европейской части СССР и, во вторых, к тому, что вопрос о единовременной зимней отправке сахара в Сибирь подлежит основательному обсуждению в отношении правильности такого порядка снабжения Сибири сахаром, так как это ведет к лишению сибирского потребителя высоко-качественного сахара, выпускаемого нашими заводами, вместо которого при указанном условии идет в обращение сибиряк продукт в большей или меньшей степени испорченный.

Из сказанного в предыдущих главах следует, что первопричины отсыревания сахара лежат в изменении температуры и влажности воздуха, соприкасающегося с хранимым сахаром.

Следовательно, исключив для сахара возможность соприкосновения с атмосферным воздухом можно этим разрешить вопрос об успешном хранении сахара без угрозы отсыревания и порчи его. Это положение приводит к заслуживающей внимания идеи о сохранении сахара в силосах, из которых выкачен воздух, при том условии, что стенки таких силосов воздухонепроницаемы.

Вторая форма возможного решения вопроса о хранении сахара может исходить из преобладающего влияния температуры и значения ее колебаний в отношении выпадения росы. В связи с этим является мысль о сахарохранилищах, стенки которых непроницаемы не только для воздуха, но и для тепла.

Этому условию может удовлетворять, напр., устройство хранилищ с полыми стенками, между которыми имеется безвоздушное пространство. Очевидно, что помещение такого рода дает безупречные результаты хранения независимо от практически возможных температур помещаемого сюда сахара, но при непереносимом условии надлежащей его сухости. Излишне влажный сахар такое хранилище не спасет от неблагоприятных разрушительных влияний, лежащих в нем самом и прежде всего в его избыточной влаге.

Очевидно, что указанные способы хранения требуют специальных еще не выработанных устройств. Практика же сахарного производства пока решает вопрос хранения сахара, пользуясь для этой цели неотопливаемыми складами. Сущность этого устройства сводится к помещению сахара в ограниченное из атмосферного воздуха обособленное воздушное же пространство. При чем это отграничение не является безусловно полным как в отношении возможности обмена воздуха, так и проникновения тепла извне в помещение сахара и обратно. Происходит это через окна, двери, неплотности в полу, потолках, в силу воздухо-проницаемости стен и т. п. Таким образом, температурные колебания и вместе с тем изменения влажности воздуха внутри обычных неотопливаемых складов неизбежны. Изменения эти подчиняются в своем течении колебаниям температуры и влажности внешнего воздуха, но в то же время они определяются и состоянием внутреннего воздушного пространства, а также характером устройства, материалом и толщиной, стен, отграничивающих это пространство от атмосферного воздуха. Помимо этого должно иметь в виду, что состояние воздуха рассматриваемого пространства находится еще и под влиянием массы хранимого здесь сахара. При различии температуры сахара с температурой окружающего его воздуха и при отсутствии какой-либо искусственной вентиляции в складе, создаются благоприятные условия для неравномерного распределения температуры, а след. и влажности в его воздушном пространстве.

Все эти обстоятельства должны иметь существенное значение в возможностях и в пестроте степени отсыревания хранимого сахара, причем ими же должно определяться и рациональное устройство складов, а также условия правильного обслуживания последних. Таким образом, рассматриваемый вопрос связан с выяснением изменений температуры и влажности воздуха помещения сахарохранилища под влиянием на него температуры как хранимого здесь сахара, так и наружного воздуха. Следовательно основной вопрос рациональ-

ного хранения сахара в складах сводится к установлению температурного режима сахарного склада и к выяснению его изменений во времени.

Очевидно, что этот режим будет изменяться в зависимости от того, где стоит склад, от устройства такового и т. п.

Интересуясь условиями хранения сахара в Сибири остановимся на случае, отвечающем складу Сахаротреста в г. Томске и применительно к этому случаю попытаемся выяснить температурный режим сахарного склада Сибири за 1926 г. в наиболее опасных здесь для отсыревания сахара весенний и летний период первой половины года, в пределах с марта по июль месяц. При выяснении температурного режима склада необходимо иметь возможность одновременно устанавливать температуру для самых разнообразных при том многочисленных точек воздушного пространства такого склада. Этими точками являются места около стен, в углах здания, на полу, на различном расстоянии от стен и сахара, тоже самое на различных уровнях от пола, на уровне потолка, под крышей и т. д. В целях осуществления этой задачи при ограниченности времени для работы и при недостатке термометров, автору пришлось выработать и установить наблюдения температуры склада по методу с пузырьками.

Он состоял в том, что по всему складу в интересующих точках его пространства расставлялись и развешивались на различной высоте стеклянные закрывающиеся тонкостенные баночки, емкостью по 75 куб. см. В каждую баночку наливалось по 20—35 куб. см. лигроина или чистого спирта, т. е. незамерзающей жидкости, так как работа первоначально велась зимою. Указанные банки помещались на сахар или в самый сахар. В банки, располагавшиеся в стороне от сахара, наливался лигроин. Температура склада определялась измерением ее в жидкости упомянутых баночек погружением в них термометра, дающего 0.1°C . Таким образом, с 2—3 термометрами можно было в короткий промежуток времени почти одновременно установить температуру склада в любом интересующем месте.

Кроме этого определялась относительная влажность воздуха в середине склада на расстоянии 0.5 метра от пола нижнего этажа и над верхним слоем в складе на расстоянии 2.0 метров ниже крыши склада. Влажность определялась по психрометру.

Измерения производились от 2 до 3 часов дня, в отдельных случаях от 8 до 9 час. утра. Одновременно измерялась температура и влажность наружного воздуха. Помимо этого замечалось состояние погоды. Все наблюдения за складами произведены по указаниям и под наблюдением автора химиком В. В. Тихомировым.

Обследуемый склад Сахаротреста, расположенный в г. Томске по Духовской ул. № 2, представляет собою кирпичное, основательно построенное здание общей длиной в 45 метров, шириною частью 14.5 метров, частью 11.0 метров, под железной односкатной неутепленной крышей, обращенной к югу. Потолка нет. Высота южной стены 4.7 метра, северной 7.3 метра. На высоте 3.8 метра от уровня нижнего пола устроен второй деревянный пол из толстых досок, положенных на деревянные балки. Нижний пол, расположенный на уровне земли, частью просто деревянный, частью деревянный на бетонном ложе, под которым толстый слой гальки.

Здание вытянуто в направлении с востока на запад. Весь склад разделен на 7 отделений именуемых также отдельными за соответствующими номерами «складами». В нижний такой склад ведет одна железная дверь, над нею на высоте второго пола имеется круглое с рамой застекленное окно, диаметром около одного метра. В каждом отделении только по одной двери и одному окну над нею. Все они помещены исключительно в южной стене. В единичных отделениях на уровне нижнего пола имеются узкие не закрывающиеся отдушины, снабженные решоткой из проволоки. В каждом отделении склада в высшей части крыши, т. е. у северной стены, имеется несколько вытяжных

деревянных труб, установленных над крышей. Под каждой такой трубой в настиле второго пола имеются отверстия, предназначенные, видимо, для вытягивания сырого воздуха из нижней части склада.

Такие же отверстия сделаны во втором полу около поперечных каменных стен в их середине. Кроме этого в том же полу имеются широкие и длинные прорезы над деревянными лестницами соединяющими оба пола. Так как помимо всех этих прорезов пол второго этажа, представляющий собою второй настил досок на балках, имеет много неплотностей и щелей, то поэтому между нижним и верхним отделением склада имеется очень слабая изолированность. На нижнем деревянном полу сахар лежит на настиле обычного устройства. На нижнем полу каждого отделения склада укладывается по 4—5 вагонов сахара, упакованного в мешки: на верхнем по 2 по 3 вагона. Сложен сахар повагонно штабелями с проходами между ними. На нижнем полу мешки лежат в 6—9 рядов, на верхнем—в 4 ряда.

Рассматриваемый склад по заявлению представителей Сахаротреста является наиболее современным в Сибири и несомненно лучшим в Томске.

Наблюдение было установлено за крайним восточным отделением, числящимся под названием «склад № 7» и над отделением, именуемым «склад № 5». Сахар во время настоящей работы то разгружался, то нагружался в эти «склады», что нарушало и систему расставленных наблюдательных пунктов и установившееся в складах распределение температур. Однако несмотря на это в главнейших чертах положение все же выявилось достаточно ясно.

Во избежание загромождения изложения большим количеством цифрового материала в дальнейшем приводятся только сводные сопоставления, касающиеся распределения температур в складе в горизонтальных плоскостях нижнего и верхнего пола в связи с влиянием южной и северной стены. Кроме этого дается распределение температуры по вертикальному направлению при переходе от уровня пола нижнего этажа к высшим уровням склада под крышей.

Для выяснения температурных условий склада приводятся таблицы 13, 14, 15 и 16, где дается посуточно с 15 марта по 1 июля 1926 г. изменение температуры в плоскостях нижнего и верхнего пола склада при расстоянии уровней друг от друга в 3,8 метра. Отсчеты температуры связаны с определенными пунктами, различающимися друг от друга по удаленности от южной и северной наружных стен склада. Расстояния эти колеблются от 0,1 до 7 метров, т. е. до середины склада. Для каждого отчетного дня в соответствующих таблицах дается для склада № 7 одновременно взятые температуры наружного воздуха, что в таблицах для склада № 5 заменено средними суточными температурами наружного воздуха. Эти данные, взаимно дополняя друг друга, в одинаковой мере приложимы в рассматриваемом случае к тому и другому складу.

Данные таблицы 13—16 говорят о том, что температурные условия пространства склада очень разнообразны и с течением времени как абсолютно, так и относительно меняются. Наиболее теплыми оказываются пространства вдоль южной стены и в верхних горизонтах склада, наиболее холодными являются пространства вдоль северной стены и на низших уровнях склада. В самых худших условиях относительно возможности прогревания находится низ середины склада и пространство, расположенное вдоль нижнего края северной стены. В период времени, начиная с марта, температура пространства низших уровней склада остается всегда меньше средней суточной наружного воздуха, так в марте для склада № 5 соответствующая разность равна $2,1^{\circ}$, в последующие месяцы с наступлением тепла, она возрастает в мае до $2,9^{\circ}$ и в июне до $7,2^{\circ}$. То же наблюдается и относительно склада № 7. Для удобства сопоставлений приводятся таблицы 17 и 18, где даны средние месячные температуры, установленные для отдельных пунктов нижнего и верхнего пола в зависимости от удаленности этих пунктов от наружной южной и от северной стены склада.

ТАБЛИЦА 13.

Изменения температуры склада № 5 в плоскости верхнего пола по мере удаления от южной и от северной наружной стены к середине склада.

Месяцы	Число.	Средняя суточная температура на- ружного воздуха °С	НИЖНИЙ ПОЛ СКЛАДА № 5.					
			Температура в °С на расстоянии.					
			От наружной южной стены склада в метрах			От наружной северной стены склада в метрах		
			0.1 м.	0.5 м.	5 м.	6 м. сред.	1 м.	0.1 м.
Март.	15	2.3	-4.0	-3.7	—	-4.0	-4.0	-4.2
	19	0.2	1.5	0.0	2.5	2.1	—	1.5
	20	1.1	2.0	1.5	2.0	1.4	1.4	2.0
	22	1.1	2.0	1.2	2.4	2.4	1.2	1.8
	23	-5.0	0.5	-1.4	-0.5	-0.5	-1.0	-0.4
	26	-1.3	2.5	1.5	3.0	3.0	2.4	2.8
	30	-6.0	—	-0.8	-0.8	-0.2	—	-0.5
	31	-4.9	0.0	—	1.0	1.0	0.0	0.6
Апрель.	1	-2.8	0.2	—	0.5	0.6	0.0	0.5
	2	1.5	0.2	-0.4	0.2	0.2	-0.2	0.0
	6	-0.9	1.0	1.0	1.0	1.0	0.8	0.8
	10	1.4	1.5	1.5	1.6	1.6	1.6	1.8
	16	7.5	4.8	4.8	4.5	4.5	4.5	4.5
	20	0.1	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5
	21	1.3	3.6	3.2	3.6	3.6	3.4	3.4
	22	0.9	4.5	4.4	4.8	4.8	4.0	4.0
	23	2.0	5.8	5.4	5.5	5.5	5.5	—
	27	7.9	7.3	7.3	—	7.5	7.6	—
	28	4.2	6.4	6.4	—	6.0	6.0	6.2
	29	-3.3	3.9	3.9	—	3.9	4.1	1.8
Май.	6	18.2	8.5	8.2	—	9.2	7.7	8.7
	7	9.7	11.5	11.0	—	11.0	10.2	10.5
	8	-3.5	4.5	4.8	—	5.0	5.0	5.2
	10	-3.1	3.4	3.4	4.4	4.0	4.0	3.8
	11	-2.3	2.4	2.4	—	3.4	3.0	3.0
	12	-1.3	4.0	4.0	4.5	4.7	4.4	4.8
	13	2.1	5.6	5.4	5.5	5.4	—	5.5
	15	7.1	8.3	7.8	9.5	9.0	—	8.8
	19	1.9	7.0	6.7	6.7	—	—	7.0
	21	3.5	5.5	5.4	5.7	—	5.4	5.3
	25	4.1	6.3	6.0	6.8	6.6	6.3	6.8
	26	6.4	—	7.8	9.7	9.3	8.6	9.7
	27	11.3	9.7	9.3	9.0	9.0	8.5	9.0
Июнь.	1	6.1	—	11.6	12.0	12.0	11.8	12.5
	2	7.5	—	10.0	—	10.2	10.3	—
	3	12.5	—	12.0	12.4	12.6	11.6	12.6
	11	18.6	7.4	8.0	7.5	—	—	—
	15	22.5	23.8	23.5	23.8	—	24.0	24.8
	18	19.4	21.5	21.4	21.8	—	21.7	22.5
	24	25.2	25.0	24.7	25.0	25.5	24.5	26.0
	25	26.2	26.7	26.6	26.6	27.5	26.4	27.5
	26	24.3	27.5	27.0	27.8	28.5	27.0	28.0
	30	14.9	22.0	22.3	22.3	22.4	23.3	23.0

ТАБЛИЦА 14.

Изменений температуры склада № 5 в плоскости нижнего пола по мере удаления от южной и от северной наружной стены к середине склада.

Месяцы	Число.	Средняя суточная температура на-ружного воздуха °С	НИЖНИЙ ПОЛ СКЛАДА № 6.						
			Температура в °С на расстоянии.						
			От наружной южной стены склада в метрах			От наружной северной стены склада в метрах			
			0.1 м.	0.5 м.	1.5 м На	6 м На	6 м.	0.5 м.	0.1 м
			На полу		настиле	настиле	На полу		
Март.	15	2.3	-4.5	-4.5	-5.0	-5.0	-4.5	—	-5.5
	19	0.2	-2.5	-2.2	-2.0	-3.0	-3.5	-3.0	-3.0
	22	1.1	-2.0	-2.0	—	-2.2	-2.5	-3.0	-3.0
	23	-5.0	-2.0	-2.0	—	-2.2	-3.0	-3.2	-3.2
	26	-1.3	-1.0	-1.0	—	-1.8	-2.0	-2.0	-2.0
	27	-0.7	-1.5	-1.0	-1.4	-1.0	-2.0	-2.5	-2.0
	30	-6.0	-2.0	-2.0	-2.0	-2.0	—	—	-2.5
	31	-4.9	-2.0	-2.0	—	-2.8	-2.5	-2.8	-2.5
Апрель.	1	-2.8	-1.2	—	-1.0	-2.2	-2.0	-2.2	-2.2
	2	1.5	-1.4	—	-1.4	-2.4	-2.4	-3.0	-2.5
	3	2.1	-0.5	-1.2	-1.2	-1.5	-2.0	-1.5	-1.0
	6	-0.9	-1.0	—	-1.0	-1.0	-1.5	—	-2.0
	8	-1.3	-0.5	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.6	-1.4
	10	1.4	-0.8	-0.8	0.0	-1.0	-0.5	-1.8	-1.6
	13	-1.0	-0.8	-0.8	-0.8	-0.5	-1.2	-1.6	-1.6
	16	7.5	-0.5	-0.5	—	-0.7	-0.7	-0.7	-0.4
	20	0.1	0.5	0.5	0.5	0.2	-0.5	-0.5	-0.5
	21	1.3	0.5	0.4	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0
	22	0.9	1.2	0.8	1.0	—	0.4	0.0	0.0
	23	2.0	0.5	0.5	—	0.5	0.4	0.0	0.0
	29	-3.3	0.7	0.5	0.5	0.7	0.0	-0.3	-0.2
Май.	6	18.2	2.0	1.2	—	2.0	1.5	—	1.7
	8	-3.5	1.7	1.5	1.5	1.5	1.8	0.7	0.6
	10	-3.1	1.0	0.7	—	1.2	1.0	1.0	—
	11	-2.3	-0.8	-0.8	0.2	-0.2	0.5	—	—
	12	-1.3	0.2	0.0	0.8	0.6	1.2	—	—
	13	2.1	1.4	—	1.7	0.7	0.7	0.7	0.4
	14	5.7	1.8	1.8	1.8	1.7	1.8	0.8	0.7
	15	7.1	2.5	2.5	2.8	2.4	1.5	1.5	1.2
	19	1.9	2.5	2.5	3.2	2.5	1.7	1.7	1.5
	25	4.1	2.0	2.0	2.0	2.4	1.7	—	1.3
	27	11.3	3.3	3.5	6.4	3.7	2.7	2.7	2.0
Июнь.	1	6.1	4.9	5.2	5.4	5.2	3.6	3.4	3.2
	2	7.5	5.3	5.3	5.9	5.0	3.9	3.5	3.4
	4	14.1	6.3	6.5	7.4	6.8	5.5	—	5.0
	11	18.6	8.2	8.0	9.7	7.7	6.4	5.8	5.8
	15	22.5	10.3	11.8	—	13.5	10.2	10.0	10.0
	18	19.4	11.8	12.3	—	11.8	11.0	11.0	10.0
	24	25.2	13.0	13.5	—	13.5	11.0	—	11.5
	25	26.2	14.7	16.0	—	16.0	12.7	13.0	13.5
	26	24.3	14.7	16.0	—	16.5	13.5	14.0	14.2
	30	14.9	15.0	15.3	—	15.0	13.5	13.8	13.8

ТАБЛИЦА 15.

Изменение температуры склада № 7 в плоскости верхнего пола по мере удаления от южной и от северной стены к середине склада.

Месяцы	Число	Температура наружного воздуха в 2—3 ч. дня	ВЕРХНИЙ ПОЛ СКЛАДА № 7							
			Температура в °С на расстоянии							
			На расстоянии от наружной южной стены в метрах				На расстоянии от наружной северной стены в метрах			
			0.1 м.	4 м.	6 м.	7 м. середина	6 м.	5 м.	0.5 м.	0.1 м.
Март	15	9.6	-3.5	-3.5	4.0	-4.5	-3.5	-3.5	-4.0	-4.5
	16	5.0	-0.5	+0.5	-0.5	0.0	0.0	-0.0	-1.0	0.0
	20	5.0	1.7	-3.0	0.5	—	1.7	-0.5	-0.5	-0.6
	22	5.0	2.0	1.0	0.5	0.0	1.5	0.0	-0.5	0.8
	23	-2.0	0.0	-0.6	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-1.0	-0.5
	26	5.0	1.6	1.0	0.8	1.0	1.0	1.0	-1.2	1.0
	27	-0.5	1.0	0.0	-0.7	-0.5	0.0	0.5	-0.5	0.0
	30	-0.4	-0.5	-1.5	-1.5	-1.2	-1.4	-1.4	-1.5	-1.0
	31	3.0	-0.5	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.5	-1.5	-0.5
Апрель ...	1	3.5	0.2	-1.0	-1.0	-1.4	0.0	-1.0	-1.5	-1.0
	2	2.8	0.0	-0.4	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-1.2	-0.4
	3	4.5	0.6	-0.4	-0.2	-0.5	0.4	0.4	-1.0	-0.4
	6	0.5	0.5	—	0.5	0.5	0.5	0.0	0.2	0.5
	8	4.0	0.2	0.2	0.2	0.2	0.8	0.0	0.0	0.2
	10	3.5	0.8	1.0	1.0	0.5	0.5	—	0.0	0.8
	13	2.5	1.0	0.8	0.8	—	—	0.8	0.5	0.5
	16	11.5	4.4	—	3.8	—	—	3.0	—	3.5
	20	0.5	3.5	3.6	3.0	—	—	3.2	—	5.0
	24	10.0	5.8	4.5	4.5	4.0	4.5	4.0	3.6	4.0
	27	11.0	7.5	6.0	6.0	5.5	6.0	—	5.0	6.0
	28	6.2	6.2	5.3	5.2	4.8	—	4.7	4.6	5.0
	29	-0.5	3.5	—	3.4	3.3	2.9	3.2	2.9	3.0
Май	6	18.8	7.5	—	6.5	6.0	6.0	6.6	5.0	6.2
	7	19.0	8.5	—	7.6	—	8.5	8.0	7.2	7.5
	8	0.3	3.7	3.6	3.5	3.5	3.2	4.0	3.5	3.7
	11	0.7	2.0	1.8	2.2	2.4	2.2	1.7	1.7	1.7
	12	5.0	3.4	3.4	3.4	3.0	3.8	—	2.5	2.8
	13	7.0	4.0	3.5	3.7	3.4	3.8	4.0	3.7	3.5
	14	12.5	5.6	5.3	5.3	4.8	5.0	5.5	3.8	5.0
	15	14.0	7.0	6.3	6.2	5.7	6.4	7.2	5.0	6.2
	20	5.4	4.7	4.6	4.8	5.3	4.7	3.8	4.8	4.5
	25	4.6	5.4	5.3	5.5	5.0	5.4	—	—	4.8
	26	11.4	7.5	7.0	6.8	6.5	6.7	5.5	5.5	6.7
	29	15.5	11.2	10.6	10.4	9.4	10.4	9.9	9.9	10.0
Июнь	4	18.8	14.0	—	13.6	—	13.4	—	9.8	10.0
	12	24.0	—	19.5	17.5	15.8	17.2	—	15.5	—
	15	25.0	23.4	—	21.8	21.0	—	—	—	—
	17	22.5	20.7	—	19.7	19.0	19.7	—	19.6	19.6
	22	28.4	22.8	21.6	22.8	20.8	21.5	—	21.4	21.6
	24	32.0	24.4	24.0	23.6	22.5	23.0	—	22.0	23.4
	25	25.0	26.0	24.5	25.0	23.6	24.6	—	23.0	24.8
	26	31.0	27.0	25.5	24.4	—	25.5	—	24.8	25.0
	30	20.0	21.8	21.0	21.0	21.4	20.7	—	21.0	20.7

ТАБЛИЦА 16.

Изменение температуры склада № 7 в плоскости нижнего пола по мере удаления от южной и от северной наружной стены по середине склада.

Месяцы	Число	Температура наружного воздуха в 2-3 ч. дня	НИЖНИЙ ПОЛ СКЛАДА № 7					
			Температура в °C на расстоянии					
			От наружной южной стены склада в мтр.		От наружной северной стены склада в метрах			
			0.1 м.	7 м.	4 м.	3 м.	1 м.	0.1 м.
Март	15	9.6°	-4.5°	-4.5°	-5.0°	-5.5°	-5.0°	-5.0°
	16	5.0	-2.0	—	-3.2	-4.2	-3.5	-3.5
	20	5.0	-2.0	—	-2.9	-2.6	-3.4	-3.4
	22	5.0	-1.7	—	-2.2	—	—	-2.5
	26	5.0	-1.0	—	-1.4	-0.8	-1.6	—
	27	-0.5	-1.2	—	-2.0	-1.4	-2.0	—
	30	-0.5	-1.4	-2.5	-2.0	-2.4	-2.4	—
	31	3.0	-1.0	-2.5	-1.5	-2.5	-2.5	-2.2
Апрель ...	1	3.5	-1.5	-2.5	-2.2	-3.4	-3.0	-2.5
	2	2.8	-2.0	—	-2.0	-2.4	-1.8	-1.8
	3	4.5	-1.0	-2.0	-1.5	-1.8	-1.8	-2.0
	6	0.5	0.0	-1.5	-1.5	-1.0	-1.5	-1.8
	8	4.0	-0.8	-1.5	-1.0	-1.5	-1.2	—
	10	3.5	-0.5	-1.0	-0.4	-0.5	-1.0	-1.0
	13	2.5	0.2	-0.5	-0.8	-0.2	-0.8	-0.8
	16	11.5	1.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0
	20	0.5	1.5	0.5	1.0	0.6	0.0	0.0
	24	10.0	2.0	0.5	1.0	0.7	0.5	0.5
	27	11.0	2.6	—	2.0	2.8	2.0	2.0
	28	6.2	4.0	—	2.1	-1.3	-1.6	-1.6
	29	-0.5	1.1	—	0.4	-0.7	-0.7	-0.7
Май	6	18.8	3.6	—	2.7	2.5	2.0	2.2
	7	19.0	6.5	—	4.7	4.7	4.7	4.7
	8	0.3	1.5	—	0.4	-0.3	-0.3	-0.4
	11	-0.7	0.2	—	-0.2	-0.3	-0.4	-0.4
	12	5.0	1.3	0.5	0.5	0.2	0.2	0.2
	13	7.0	1.8	0.8	0.8	0.5	0.5	0.5
	14	12.5	2.4	0.7	1.5	1.4	0.8	0.8
	15	14.0	4.0	2.0	2.0	1.7	1.5	1.5
	20	5.4	2.4	1.7	1.7	2.4	1.8	1.7
	25	4.6	2.8	2.0	2.0	2.2	1.7	1.7
	26	11.4	2.8	3.0	2.4	3.7	2.3	2.4
	29	15.5	6.4	—	5.6	5.5	5.5	4.8
Июнь	4	18.8°	8.0	7.2	6.4	6.8	6.3	6.0
	12	24.0	11.2	—	9.5	9.8	9.0	9.0
	15	25.0	15.0	—	12.7	13.2	11.8	11.8
	17	22.5	14.0	—	12.7	12.4	11.5	11.7
	22	28.4	14.3	—	13.7	13.0	13.0	13.0
	24	32.0	17.2	—	15.5	14.5	14.0	14.4
	25	25.0	17.3	—	16.0	16.0	15.5	15.7
	26	31.0	19.6	—	17.7	17.0	16.5	17.0
	30	20.0	17.3	—	16.5	15.5	15.5	15.5

ТАБЛИЦА 17.

Средние температуры, установленные ежемесячно для отдельных пунктов плоскости нижнего и верхнего пола склада № 5 в зависимости от удаленности от наружной южной и северной стены склада.

Месяцы	Средняя температура воздуха за месяц в °С	НИЖНИЙ ПОЛ СКЛАДА № 5					ВЕРХНИЙ ПОЛ СКЛАДА № 5							
		Температура в °С на расстоянии в метрах												
		От южной стены			От северной стены			От южной стены			От северной стены			
		0.1 м.	0.5 м	1.5 м. на настиле	6 м на настиле	6 м.	0.5 м.	0.1 м.	0.5 м.	3 м.	6 м.	1 м.	0.1 м.	
														На полу
Март	-4.3°	-2.2°	-2.1°	—	-2.5°	-2.5°	-2.7°	-3.0°	0.7°	-0.2°	1.3°	0.7°	0.0°	0.4°
Апрель	2.1	-0.3	-0.2	-0.3	-0.8	-0.9	-1.1	-1.0	3.5	3.7	2.8	3.6	3.4	2.6
Май	4.5	1.6	1.5	2.3	1.8	1.4	1.3	1.2	6.5	6.3	6.7	6.9	6.3	6.0
Июнь	17.6	10.4	10.1	—	10.1	9.2	9.3	9.0	22.0	18.7	20.0	19.5	20.1	22.1

ТАБЛИЦА 18.

Средние температуры, установленные ежемесячно для отдельных пунктов плоскости нижнего и верхнего пола склада № 7 в зависимости от удаленности от наружной южной и от северной стены склада.

Месяцы	Средняя температура воздуха в °С в месяц	НИЖНИЙ ПОЛ СКЛАДА № 7												ВЕРХНИЙ ПОЛ СКЛАДА № 7											
		Температура в °С на расстоянии в метрах																							
		От южной стены						От северной стены						От южной стены						От северной стены					
		0.1 м.	7 м.	4 м.	3 м.	1 м.	0.1 м.	0.1 м.	4 м.	6 м.	7 м.	6 м.	5 м.	0.5 м.	0.1 м.	0.1 м.	4 м.	6 м.	7 м.	6 м.	5 м.	0.5 м.	0.1 м.		
Март . .	-4.3°	-1.9°	-3.1°	-2.3°	-2.8°	-2.9°	-3.3°	0.1°	-0.5°	-0.7°	-0.7°	-0.2°	-0.6°	-1.3°	-0.6°										
Апрель .	2.1	0.5	-0.9	-0.2	-0.6	-0.8	-0.8	2.3	1.6	2.0	1.6	1.6	1.2	2.1											
Май . .	4.5	2.9	1.5	2.0	2.0	1.7	1.6	7.5	5.0	5.5	5.0	5.5	4.8	5.2											
Июнь . .	17.6	14.9	—	13.4	14.2	12.3	12.3	22.5	22.7	22.7	20.7	20.7	—	20.1											

Из приведенных данных отчетливо выявляется влияние южной и северной стены склада на температуру его внутреннего пространства. Южная способствует ее повышению, а северная понижению. Но для одних и тех же горизонтальных сечений склада температурная разница, связанная с этим очень невелика и колеблется в пределах около градуса, редко поднимаясь до 2° и выше.

При отсутствии подполья низший уровень склада подвергается охлаждающему действию земли. Оно сильнее сказывается в середине пола, но судя по полученным данным и здесь колеблется все же в узких пределах: $0,5^{\circ}$ — $1,0^{\circ}$, в единичных случаях поднимаясь и несколько выше.

Последовательно переходя от южной к северной стене, оставаясь в одном и том же горизонтальном сечении склада, можно наблюдать непрерывное изменение температур. Оно зависит от времени года, состояния погоды, от направления и силы ветра и т. д. и непрерывно меняется. При чем течение этих изменений для любой точки внутри склада оказывается совершенно иным, чем для наружного воздуха. Главная причина этого лежит в неодинаковой скорости распространения теплоты в наружном воздухе, через стены склада, внутри его и в самом сахаре. Благодаря этому температурные изменения наружного воздуха воспринимаются внутренним пространством склада с некоторым запозданием, что при частых и нередко резких изменениях в атмосфере ведет к отмеченному выше явлению. А это неизбежно приведет к тому, что температура и ее изменения в различных местах пространства склада оказываются очень неодинаковыми. При чем, как видно из данных приводимых в таблицах, возможны такие случаи, когда в двух взаимно близких пунктах пространства склада в одно и то же время идет в одном нагревание, тогда как в другом охлаждение.

Таблицы, относящиеся к температурным изменениям нижнего пола склада № 5, дают сопоставление температур этого пола в середине с температурой на положенном на нем настиле под сахар. Из этого сопоставления видно, что значение настила меньше зимою и больше летом, однако количественно оно очень невелико, отвечая в большинстве случаев около $0,5^{\circ}$ и лишь в жаркое летнее время, переходя за один градус, а в единичных случаях достигая 2 — 3° C и даже большей величины.

Данные таблиц 13—18 говорят за то, что склады, даже неотапливаемые, имеют очень большое значение в отношении сужения амплитуды температурных колебаний их воздушного пространства сравнительно с амплитудой одновременно происходящих изменений температур наружного воздуха. Это ясно видно из приводимой ниже таблицы.

ТАБЛИЦА 19.

За месяцы	Амплитуды колебаний температур помесечно				
	По сред- ним су- точным дня	По суточным отсчетам дня			
		Склада № 5		Склада № 7	
		Низ	Верх	Низ	Верх
Март....	8.3°	4.0°	1.3°	4.5°	6.5°
Апрель..	10.8	3.7	4.3	7.4	9.0
Май.....	21.7	7.2	11.8	6.9	9.5
Июнь....	21.1	13.3	17.8	13.6	18.2

Таким образом, неотапливаемые склады № 5—№ 7 уменьшают температурные колебания для нижнего пола: в марте с 8,3 до 4,0—4,5° и в июне с 21,1 до 13,3—13,6°, а для верхнего пола это же снижение в марте колеблется от 1,3 до 6,5° и в июне от 17,8 до 18,2°.

Все предыдущее говорит за чрезвычайную пестроту и непостоянство распределения температур внутреннего пространства склада. Однако колебания эти в пределах одного и того же уровня и определенного момента времени все же оказываются очень небольшими.

Совершенно иное положение наблюдается при сопоставлении температур склада по его любому вертикальному сечению. Достаточно самого быстрого просмотра и нескольких сопоставлений соответствующих данных, имеющих в таблицах 13—18 относительно температур нижнего и верхнего пола складов № 5 и № 7, чтобы стало очевидным чрезвычайно большое влияние повышения уровня на температуру в складе. Последовательные изменения температур внутреннего пространства склада по вертикали и их колебания по времени определяют то, что может быть названо «температурным режимом склада». Очевидно, что температурный режим и влажность неотапливаемого склада теснейшим образом связаны с температурным состоянием внешнего атмосферного воздуха и с его влажностью. При таких условиях влажность внутреннего пространства склада неизбежно должна меняться, всегда оставаясь при том ином, чем в атмосферном воздухе.

Указанное положение наглядно выявляется данными приводимой ниже таблицы 20 температурного режима сахарного склада в Сибири в г. Томске. Таблица эта построена по данным, взятым за время с 15 марта по 1 июля 1926 г. через промежутки в 5—7 дней. Указанные промежутки взяты для того, чтобы сделать таблицу более наглядной сравнительно с тем, что дают ежедневные отсчеты. Улавливая характерные переломы, можно при этом условии более выпукло выявить характер последовательных во времени изменений. Что касается температуры наружного воздуха, то таковая взята в форме отсчетов ее на дворе перед складом в тени в 2 часа дня во время определения температуры складов. Внутри склада температура измерялась по вертикали в его середине, причем взяты температурные отсчеты: на уровне пола первого этажа; на настиле на нем под сахар; на высоте двух метров, под настилом пола второго этажа; на высоте 1,5 метр. над полом второго этажа и, наконец, на высоте двух метров над полом второго этажа и на расстоянии 0,5 метра от крыши склада. Помимо этого одновременно устанавливалась относительная влажность наружного атмосферного воздуха и воздушного пространства склада на полу нижнего пола и над полом второго этажа на высоте верхнего уровня сахара, лежащего здесь в 4 ряда в мешках.

Для того, чтобы яснее представить сущность данных этой таблицы, она представлена еще в форме диаграмм чертежа III. На этих диаграммах в соответствующих пунктах их цифрами обозначена относительная влажность вверху и внизу склада, а также относительная влажность наружного воздуха, одновременно измеренная вне склада в 2 часа дня.

Таблица 20 и особенно диаграммы чертежа III ясно выявляют нижеследующее.

Температуры вверху и внизу склада всегда резко расходятся, причем в верхней части склада значительно теплее чем внизу. С понижением внешней температуры разница эта уменьшается, падая до 4,6°C (29 апреля), а с повышением температуры наружного воздуха — растет, достигая 22,8°C (24 июня). Общий характер изменения температурного режима склада определяется течением температурных колебаний в атмосферном воздухе, но количественно это влияние на температуру склада отражается не одинаково, а именно, очень сильно на его верхних уровнях и весьма слабо на нижних.

Температура склада за время с марта по июль на нижнем полу за короткими промежутками холодных периодов оказывается ниже температуры наружного воздуха. Обратное положение наблюдается для пространств склада, лежащих выше уровня второго пола.

ТАБЛИЦА 20

температурного режима сахарного склада № 5 в г. Томске за период с 15-го марта по 1-е июля 1926 г.

Чертеж III.

Месяц	Число	t° наружного воздуха в 2 час. дня	Нижний (I) этаж				Верхний (II) этаж				Влажность нар. воздуха в 2 ч. дня
			Т е м п е р а т у р а								
			На уровне пола	На настиле	На высоте 2 метр. от пола	Относительн. влажность	На уровне пола II этажа	На высоте 1,5 метр. от пола II эт.	На высоте 2 метр. от пола II эт. и 0,5 метр. от краев	Относительн. влажность	
Март	19	+3.6	-3.4	-3.0	-1.5	—	+2.5	+5.0	+6.5	—	53
	26	+1.4	-2.0	-1.7	0.0	—	+3.0	+4.2	+6.5	—	54
Апрель	1	+2.6	-2.0	-2.2	-1.4	—	+0.6	+3.5	+1.5	—	54
	8	-3.4	-1.0	-1.0	+0.2	—	+1.2	+4.0	+4.0	—	57
	16	+11.4	-0.7	-0.7	+1.5	90	+4.5	+7.5	+9.0	61	56
	23	+5.3	+0.4	+0.5	+2.4	94	+5.5	+10.0	+12.4	67	70
	29	-2.4	0.0	0.7	+2.1	91	+5.9	+4.4	+4.6	71	94
Май	6	+23.6	+1.5	+2.0	+4.5	100	+9.2	+13.2	+16.4	67	51
	14	+9.2	+1.8	+1.7	+4.2	94	+7.3	+11.7	+14.5	51	42
	21	+6.4	+1.4	+1.7	+3.8	94	+5.7	+7.7	+8.5	86	58
	27	+15.6	+2.7	+3.7	+7.4	100	+9.0	+12.0	+13.5	51	44
Июнь	3	+14.2	+4.0	+5.3	+8.2	88	+12.4	+17.0	+18.8	61	51
	11	+23.3	+6.4	+7.7	+11.7	95	+7.5	+23.5	+25.0	51	51
	18	+23.0	+10.0	+11.8	+18.2	86	+21.8	+27.5	+30.0	44	61
	24	30.4	+11.0	+13.5	+18.5	100	+25.0	+31.5	+33.8	50	47
	30	19.3	+13.5	+15.0	+18.5	100	+22.3	+25.0	+26.0	64	69

Относительная влажность склада на уровне выше второго пола, т. е. выше 2 метров, очень близка с влажностью наружного воздуха и за период со второй половины марта по июль колеблется в пределах 45—67%, лишь в единичных случаях, кратковременно поднимаясь несколько выше.

Совершенно иное положение наблюдается на уровне нижнего пола. Здесь влажность обычно держится очень высоко, именно в пределах 94—100%, лишь кратковременно снижаясь до 90—91% и в исключительных случаях еще ниже.

Сопоставим теперь вышесказанное с тем, что было выяснено в отношении температурных условий и предельной влажности воздуха, исключающей отсыревание чистой сахарозы и сахарозы, начавшей уже инвертироваться и разлагаться.

Предельная влажность воздуха, исключающая возможность отсыревания хорошего сухого сахара, состоящего из чистой сахарозы, в зависимости от температуры в пределах 0—35 °C отвечает как было выяснено 89.2—91% относительной влажности воздуха. То же самое и при тех же температурных границах для сахара уже отсыревшего и начавшего инвертироваться отвечает 77.9—73% относительной влажности воздуха.

Отсюда следует, что сахар, лежащий на втором полу, на два метра выше нижнего пола склада, находится в условиях, исключающих возможность его отсыревания. При легкой доступности для проникания воздуха из верхнего этажа в нижний, благодаря щелям, прорезам в половом настиле второго этажа, а также лестнице, не опасны и отмечаемые диаграммами чертежа—III случаи резкого кратковременного понижения температуры в верхней половине склада. Причина этого не только в условиях появления росы на сахаре верхнего пола, но также в том, что главная масса влаги, выпадающей из охлаждаемого при этом преимущественно через крышу воздуха, оседает на сахаре не верхнего, а нижнего пола склада, куда неизбежно при отмеченных условиях беспрепятственно будет стекать охлаждаемый вверху склада воздух. Таким образом, температурные условия и влажность пространства склада над вторым его полом исключают возможность отсыревания хранимого здесь сахара, угрожая ему обсыханием в том, конечно, случае, если помещенный сюда сахар не достаточно сух.

Совершенно обратное положение для сахара, хранимого в рассматриваемом складе на нижнем его полу. Все выясненное с полной определенностью говорит за то, что помещенный сюда сахар независимо от его качества, условий доставки и хранения здесь обречен на неизбежное длительное и глубокое отсыревание. Причины этого в том, что по условиям сибирского климата в период март—июнь в неотапливаемых складах указанного устройства влажность воздуха и температура его оказываются в нижних уровнях неизбежно отвечающими условиям отсыревания сахара.

Таким образом, выясняется, что пестрота температурных условий и как следствие—влажности воздуха в пространстве склада, приводят к тому, что условия для хранения сахара в различных местах склада будут очень неодинаковы. Верхние пространства склада предохраняют от отсыревания и благоприятствуют обсыханию, нижние же способствуют отсыреванию и порче хранимого здесь сахара. Если принять во внимание выясненное о распределении температуры в горизонтальных сечениях складов, то станет очевидным, что внутри склада в одних местах сосредоточиваются более теплые воздушные пространства, в других—более холодные, как бы мешки холодного застаивающегося здесь воздуха, где сахар находится в особенно неблагоприятных условиях для его прогревания весной. При малой подвижности воздуха в складах и при невозможности обычно принятыми средствами в виде вытяжных труб в крыше удалять с нижних горизонтов склада застаивающийся здесь холодный воздух, приходится признать основной причиной отсыревания хранимого сахара резкое различие температур вверху и внизу склада. Устранить эту неравномерность нагрева, значит исправить склад, сделать его пригодным для хранения сахара без риска отсыревания последнего.

Не касаясь пока рассмотрения этого вопроса по существу, остановимся на выяснении практически возможных последствий отсыревания сахара в Сибири при хранении его в существующих здесь складах подобных рассмотренному. Интересуясь не только качественной, но и количественной стороной эффекта отсыревания сахара в Сибири желательно взять случай проявления отсыревания за наиболее длительный период хранения. Это возможно по окончании теплого времени года, т. е. к началу зимы. В связи с этим ниже приводятся результаты обследования отсыревания сахара, произведенного автором в 1925 г. на Томском складе Сахаротреста. Ко времени обследования отсыреваний т. е. к началу октября, сахар находился на описанном выше складе Сахаротреста в г. Томске. Но на этот склад обследуемый сахар частью попал только 18 сентября. Хранение же до этого времени и связанное с ним отсыревание сахара происходило также в г. Томске, но на складах «О-ва Транспорт». Склады эти совершенно такие же по существу своего устройства, как и разобранный выше склад Сахаротреста, т. е. склады эти каменные, полутрехэтажные, под железной неотапливаемой крышей, с деревянным полом, с железными дверями и небольшими окнами. Не застекленные рамы в складах «О-ва Транспорт» вносили очень мало различия в сущность влияния склада на хранимый сахар сравнительно с тем, что имело место в Томском складе Сахаротреста. В виду этого переход сахара из складов «О-ва Транспорт» в склад Сахаротреста несколько не изменил условий отсыревания хранимого там сахара.

Обследуемый сахар (кусковый, пиленный и головной) в количестве около 20 вагонов, сложенный на нижнем полу склада, был распределен штабелями повагонно. Из некоторых штабелей, особенно сильно отсыревших, были выделены наиболее пострадавшие мешки, которые были распределены здесь также повагонно.

Перед взятием проб каждый отдельный штабель взвешивался и осматривался представителями Сахаротреста и О-ва Транспорт, определявшими по внешнему виду и наощупь влажность рассматриваемой партии. При этом были приняты для различных степеней выявившейся влажности следующие определения: «сухая» партия, «влажная» — и «явно сырая».

Пробы брались из каждой партии особо, из различных мест штабеля и из различных мешков, различающихся, с одной стороны своим положением в штабелях, с другой — неодинаковой степенью проявления влажности. Для каждой пробы в зависимости от состояния партии, ее однородности и т. п. бралось от 5 до 8 мешков рассматриваемого штабеля. Одни пробы брались из наружных слоев непосредственно из под ткани мешка, развязывая или разрезая последние в различных местах, другие пробы брались из самой середины массы сахара, предварительно устраняя все наружные и верхние слои его. Если мешок отсырел только местами или с одной стороны, то часть проб бралась из наружных сухих слоев, часть из влажных слоев непосредственно под мешком и т. д. Из каждой группы мешков помимо этого бралась еще генеральная проба, включавшая, по возможности, среднюю пробу, отобранных из штабеля для этой цели мешков; причем в эту пробу равномерно брался сахар как из наружных, так и из средних слоев каждого мешка. Взятые пробы в количестве 1—2.5 кило каждая, непосредственно помещались в чистые сухие стеклянные банки с притертыми пробками и резиновыми колпачками. Самое определение влажности отдельных проб производилось высушиванием; первоначально в течение 2 часов при 65—70 °C, затем окончательно при 105 °C.

В приводимой ниже таблице дается сопоставление влажности отдельных проб различных партий обследуемого сахара. Таблица включает: номер партии, род сахара, место, время, отправки и получения его, номер и характер

пробы и влажность сахара в весовых процентах. Каждая отдельная партия представляла собой вагон сахара в 1000 пуд.

Отсыревание выявлялось: внешней устанавливаемой на ощупь влажностью мешков партии; сырыми пятнами на них, сплошным намоканием всего мешка или одной стороны и, наконец, отходом патоки, стекавшей с мешков на пол склада под настил. Последний случай отвечал степени отсыревания сахара, обозначаемой определением внешнего вида партии, как «явно сырой».

При осмотре сахара внутри мешков, последний встречался с различными проявлениями влажности, начиная с совершенно сухих кусков и кончая мокрыми, частью превратившимися в мелочь или же еще сохранившими свою форму, но легко разваливающимся на мелкие кусочки при самом незначительном надавливании на них.

Результаты произведенного обследования отсыревших сахаров на Томских складах представлены приводимой ниже таблицей 21.

Из таблицы видно, что степень отсыревания сахара колеблется в чрезвычайно широких пределах. От совершенно сухих даже обсохших сахаров с влажностью генеральной пробы в 0.03—0.04%, встречаются партии с влажностью генеральной пробы до 1.15% и с влажностью сахара в наружных слоях, поднимающейся до 2.21%. В нескольких партиях наблюдалось стекание патоки с мешков.

Наряду с процессами крайнего отсыревания проявляется также результат одновременно происходящего процесса обсыхания, что легко усмотреть в сопоставлении влажности наружных средних и внутренних слоев сахара.

Помимо колотого и пиленого сахара, упакованного в мешки на складе хранился еще головной сахар в количестве 4 партий. Все они оказались при осмотре по принятой терминологии «сухими». Сахар этот, уложенный в мешки с соломой, для каждой партии при проверке их веса дал привес от 73 до 148 кил. на 1000 пудов.

Обследование влажности сахара, бумаги и бичевки выяснило, что в самой массе головного сахара отсыревание ничтожно, выделившаяся же из воздуха влага на этой партии воспринята почти целиком упаковкой, главным образом бумагой.

В общем результаты произведенных анализов сахара отдельных партий хранившихся на Томских складах вполне подтверждают теоретически сделанные заключения и выводы о возможностях отсыревания в неоттапливаемых сибирских складах. Причем оказывается, что степень отсыревания сахара может подниматься до угрожающих пределов, совершенно обесценивающих хранимый сахар.

Неоттапливаемые склады, несомненно защищая сахар от неблагоприятных действий внешнего атмосферного воздуха сильно теряют от неравномерного распределения температуры вообще и особенно от расхождения степени нагрева воздуха на верхних и нижних горизонтах склада. Величина этого расхождения уже была выяснена при анализе температурного режима склада на примере Томского склада Сахаротреста № 5. Но в действительности это расхождение еще больше, так как при разобранном случае склада № 5 сопоставлялись температурные отсчеты как внутри, так и вне склада лишь одновременно взятые за сутки, именно, около двух часов дня. Между тем за 24 часа температура обычно меняется не только при переходе от дня к ночи, но и независимо от этого, причем температурные максимум и минимум могут очень далеко отходить от полуденного отсчета. Естественно, что эти крайние пределы суточных колебаний в значительной мере влияют на температурный режим склада, однако решающее значение в этом отношении принадлежит средней суточной температуре наружного воздуха. В виду этого ниже в таблице 22 приводится цифровой материал, установленный для тем-

ТАБЛИЦА 21

В л а ж н о с т и с а х а р о в.

№ партии	Род сахара	Место отправки	Время отправки и получения в Томске	Состояние партии по внешнему виду	№№ пробы	Характер пробы	Влажность пробы сахара в весовых %
I	Кусковой	Ст. Тимашево	20/п — 14/ш	Влажная	1/1	Генеральная	0.07
"	"	"	"	"	1/2	Наружные слои	0.04
"	"	"	"	"	1/3	Средние слои	0.16
I-a	Кусковой	Ст. Тимашево	20/п — 14/ш	Явно сырая	I-a/1	Генеральная	0.54
"	"	"	"	"	I-a/5	Средние слои	0.21
"	"	"	"	"	I-a/7	Общ. наружн. слои	1.35
II	Кусковой	Ст. Одесса	28/п — 10/ш	Сухая	2/7	Генеральная	0.26
"	"	"	"	"	2/8	Общ. наружн. слои	0.21
"	"	"	"	"	2/9	Средние слои	0.14
II-a	Кусковой	Ст. Одесса	28/п — 10/ш	Сухая	II-a/10	Генеральная	0.50
"	"	"	"	"	II-a/11	Средние слои	0.30
III	Кусковой	Ст. Тимашево	19/п — 14/ш	Влажная	3/12	Генеральная	0.22
"	"	"	"	"	3/13	Общ. наружн. слои	0.08
"	"	"	"	"	3/14	Средние слои	0.04
III-a	Кусковой	Ст. Тимашево	19/п — 14/ш	Влажная	III-a/15	Генеральная	1.15
"	"	"	"	"	III-a/16	Наруж. сухие слои	0.13
"	"	"	"	"	III-a/17	Наруж. влажн. слои	2.21
"	"	"	"	"	III-a/18	Средние слои	0.12
IV	Кусковой	Ст. Сумы	3/п — 7/п	Влажная	4/19	Генеральная	0.35
"	"	"	"	"	4/20	Общ. наружн. слои	0.38
"	"	"	"	"	4/21	Средние слои	0.15
IV-a	Кусковой	Ст. Сумы	3/п — 7/п	Влажная	IV-a/22	Генеральная	0.38
"	"	"	"	"	IV-a/23	Общ. нар. мокр. слои	0.70
"	"	"	"	"	IV-a/24	Средние слои	0.19
V	Кусковой	Ст. Сумы	29/п — 5/п	Сухая	5/25	Генеральная	0.18
"	"	"	"	"	5/26	Общ. влажн. мешк.	0.28
"	"	"	"	"	5/27	Общ. наружн. слои	0.19
VI	Кусковой	Ст. Сумы	1/п — 14/п-25	Сухая	6/28	Генеральная	0.17
"	"	"	"	"	6/29	Общ. наружн. слои	0.12
"	"	"	"	"	6/30	Средние слои	0.04
VII	Кусковой	Ст. Тимашево	3/п — 24/п-25	Сухая	7/31	Генеральная	0.23
"	"	"	"	"	7/32	Общ. влажн. мешк.	0.29
"	"	"	"	"	7/33	Общ. сухих мешков	0.07
VIII	Кусковой	Ст. Тимашево	13/п — 7/п-25	Сухая	8/34	Генеральная	0.03
"	"	"	"	"	8/35	Наруж. сухие слои	0.03
"	"	"	"	"	8/36	Средние слои	0.04
IX	Кусковой	Ст. Тимашево	13/п — 7/п-25	Сухая	9/37	Генеральная	0.08
"	"	"	"	"	9/38	Общ. наружн. слои	0.03
"	"	"	"	"	9/39	Средние слои	0.04
X	Пилёный	Ст. Сумы	2/п — 3/п-25	Явно сырая	10/40	Генеральная	0.42
"	"	"	"	"	10/41	Средние слои	0.18
"	"	"	"	"	10/42	Общ. нар. влаж. сл.	0.89
XI	Головной	Ст. Одесса	30/п — 8/ш	Сухая	13/43	Общ. наружн. слои	0.21
"	"	"	"	"	"	Средние слои	0.10

ТАБЛИЦА 22

температурного режима сахарного склада № 7 в г. Томске за период
с 15 марта по 1 июля 1926 г.

Месяц	Число	В наружном воздухе				В складе № 7					
		Температура °C за сутки			Влажность % средняя суточная	Внизу на уровне пола 1 этажа			Вверху на 1.5 мтр. над полом II этажа		
		Средняя	Минимум	Максимум		Температура		Влажность %	Температура		Влажность %
						В 2 ч. дня °C	Минимум °C		В 2 ч. дня °C	Максимум °C	
Март	15	2.3	-4.3	9.6	65	-5.5	-8.0	—	-3.0	-3.0	—
	20	-1.1	-4.6	3.4	60	-2.6	-6.0	—	7.6	10.0	—
	23	-5.0	-8.0	-3.0	97	-3.2	-4.5	—	-0.5	10.0	—
	26	-1.3	-3.0	1.3	66	-0.8	-3.5	—	4.4	6.0	—
	30	-6.0	-10.3	-2.1	86	-2.4	-3.5	—	0.5	1.5	—
	31	-4.9	-10.4	-1.2	81	-2.5	-3.8	—	2.2	5.2	—
Апрель	1	-2.8	-12.4	2.6	70	-3.4	-5.0	—	2.8	5.8	—
	2	1.5	-4.8	5.4	78	-2.4	-3.0	—	2.4	4.5	—
	6	-0.9	-3.2	1.3	76	-1.0	-3.0	—	1.5	1.6	—
	8	-1.3	-8.1	2.5	71	-1.5	-1.5	—	3.0	4.5	—
	16	7.5	1.6	11.4	70	1.0	-1.0	88	7.5	10.0	78
	20	0.1	-0.8	1.1	85	0.6	-0.8	94	4.0	16.5	72
	24	4.4	-3.0	8.3	62	0.7	-1.5	92	8.5	14.5	80
	27	7.9	4.4	11.4	82	2.8	0.5	96	10.0	18.5	84
	29	-3.3	-5.4	-2.4	83	-0.7	0.0	84	5.2	5.0	67
Май	6	18.2	7.2	23.6	62	2.5	-2.0	95	12.4	21.0	65
	7	9.4	-0.8	15.2	64	4.7	1.5	79	11.5	22.5	65
	11	-2.3	-5.3	0.6	65	-0.5	-1.5	98	4.3	6.2	79
	14	5.7	-5.5	9.2	54	1.4	0.0	100	11.0	18.0	66
	25	4.1	0.0	4.8	71	2.2	—	—	8.0	—	—
	26	6.4	0.1	9.5	53	3.7	1.4	95	12.5	18.4	57
	29	12.7	4.0	13.8	76	5.5	2.5	86	14.3	21.0	78
Июнь	2	7.5	0.7	10.0	47	5.3	3.7	77	13.7	21.0	67
	3	12.5	6.6	14.2	50	5.0	4.3	80	14.0	19.0	65
	4	14.1	6.8	18.5	55	6.8	4.5	93	17.0	25.0	51
	11	18.6	10.4	23.3	66	10.2	5.0	100	20.0	26.0	52
	15	22.5	13.2	28.6	73	13.2	7.5	100	28.0	35.0	50
	17	16.9	4.7	20.2	68	12.4	9.5	79	25.0	34.5	69
	18	19.4	7.2	23.0	68	12.4	9.5	84	25.0	32.0	61
	22	22.4	9.7	27.0	61	13.0	10.0	89	26.0	34.0	64
	24	25.2	12.7	30.4	63	14.5	11.5	85	30.0	36.0	43
	25	26.2	15.3	32.0	72	16.0	13.0	94	30.5	39.0	63
	26	24.3	17.9	29.4	73	17.5	14.0	100	31.6	38.0	54
	30	14.9	10.0	19.3	78	15.5	14.0	85	25.0	37.5	68

температурного режима Томского склада Сахаротреста № 7, где единовременные температурные отсчеты внутри склада в два часа дня сопоставляются со средней суточной, а также минимальной и максимальной температурой внешнего атмосферного воздуха. При этом принимается также во внимание температурный минимум внизу и максимум вверху склада, устанавливаемые в период между двумя непосредственно следующими друг за другом отсчетами внутри склада. Помимо всего этого в указанную таблицу включена еще и средняя суточная влажность наружного воздуха.

Данные этой таблицы, всецело подтверждая основные положения, вытекшие из рассмотрения случая со складом № 5, и раздвигая еще шире уже установленное температурное расхождение верха и низа склада, в то же время отмечают еще одно обстоятельство, а именно, влияние лучистой солнечной теплоты на склад. Действие это очень отчетливо выявляет максимальный термометр, помещенный в данном случае внутри склада под неотепленной его крышей. Действием этой лучистой теплоты объясняется преувеличенные показания максимального термометра внутри склада сравнительно с обычными показаниями максимального термометра метеорологических станций, где он помещается в тени.

Как видно из таблицы, начиная с половины апреля, т.е. с наступлением весеннего теплого времени и с началом периода продолжительных солнечных дней температурный максимум во втором этаже склада быстро увеличивается, поднимаясь до высот обычно переходящих суточный максимум внешнего воздуха.

Так как лучистая теплота солнца воспринимается складами главным образом через крышу и отчасти через южную стену, то благодаря этому создается новый фактор, усиливающий расхождение степени нагрева вверху и внизу склада. Это особенно сильно сказывается при железных неотепленных крышах, наиболее резко отзываясь в этих случаях на складах при отсутствии у них потолков.

Если принять во внимание особенности сибирского климата, характеризующегося стремительным переходом от суровой зимы к теплу лета, когда сахар в складе вообще и особенно на полу первого этажа удерживает еще достаточно низкую температуру зимнего времени, то станет понятной безусловная обязательность потолков для сибирских складов, отводимых для хранения сахара. Делая общую сводку главнейших положений, выясненных в предыдущем изложении относительно пригодности неотопливаемых складов для хранения сахара вообще, можно отметить следующее.

В неотопливаемых складах в Сибири возможно успешно без отсыревания сохранить лишь ту часть сахара, которая лежит на известной высоте склада. Причина неизбежного отсыревания сахара на низших уровнях склада обусловливается расслоением находящегося в нем воздуха на теплый, собирающийся вверху и на холодный, скопляющийся внизу. Обычно, не имея отсюда выхода он тут застаивается и тем задерживает нагревание сахара весной. Что касается самого негревания сахара, то таковое идет следуя темпу развивающегося прогревания воздуха склада, с небольшим от него отставанием. По данным проф. Herzfeld'a¹⁾ в неотопливаемых складах в Германии прогревание сахара идет в приводимом ниже таблицей 23 порядке.

В общем прогревание сахара развивается параллельно прогреванию воздуха склада с очень малым от него отставанием: в декабре на 2.4°, в апреле на 2.0°, в мае на 4.9° в среднем на месяц.

В производившемся в Сибири обследовании предоставленные складам условия для работы исключали возможность планомерного наблюдения за температурой сахара, хранимого на складе, однако урывками произведенные наблюдения за май и июнь месяцы говорят также за то, что отставание

¹⁾ «З. К. О.» 1905 г. 339 стр.

прогрева́ния сахара от окружающего его в складе воздуха очень не велико. В мае и июне месяце это отставание температуры сахара в мешках от температуры окружающего его воздуха колебалось смотря по месту в складе от 1.1 до 4.3 °C.

ТАБЛИЦА 23.

Время наблюдений	В полдень °C			В складе				Снаружи			
	В складе	Снаружи	В массе сахара	°C		Влажность		°C		Влажность	
				Максимум	Минимум	Максимум	Минимум	Максимум	Минимум	Максимум	Минимум
1902 г.											
13—21 декабря . . .	3.6°	3.4°	0.3°	10	—14.0	100%	82%	14.5	—15	95%	85%
1903 г.											
2—31 января	1.2°	2.4°	1.8°	7	—9.4	100	75	10	—8.8	86	72
2—28 февраля . . .	2.3°	2.2°	4.8°	10	—4.5	100	69	11	—5.5	86	66
2—31 марта	7.6°	7.1°	6.0°	14.6	1.8	100	65	18	1.2	80	61
1—30 апреля	7.8°	7.9°	5.9°	14.2	2.4	100	56	20.4	3.0	80	64
1—30 мая	12.4°	15.9°	11.0°	22	6.0	87	67	33	4.5	75	50

Анализ температурного режима сахарных неотапливаемых складов приводит к выводу о том, что предупреждение явления расслоения воздуха в складе или хотябы устранение создающегося в этом смысле положения должно вести к повышению пригодности неотапливаемых складов и к выяснению путей рационализации как устройства складов, так и методов их обслуживания.

Для того, чтобы устранить то или другое явление необходимо знать его причину, но в чем же причина расслоения воздуха в неотапливаемом складе? Очевидно, в ежесуточной смене теплого времени дня на сравнительно холодную ночь. При понижении температуры склада охлажденный в нем воздух как более тяжелый опускается вниз при нагревании, становясь теплее и легче он поднимается в верхние горизонты склада. Где резче смена дневной и ночной температуры, там сильнее и расслоение воздуха в складе. В этом отношении Сибирь, как было уже выяснено, находится в очень неблагоприятных условиях. Еще хуже обстоит здесь с резкими и часто неожиданными переменами погоды с переходом от холода к теплу и наоборот, что также ведет к тому же расслоению воздуха в складе.

Очевидно, что устранить эти причины, как лежащие в естественных природных условиях, нет возможности, следовательно остается только устранять или смягчать их последствия для склада, т. е. расслоение в нем воздуха на теплый вверху и на холодный внизу. В выяснении этих возможностей лежат пути к рационализации устройства складов для хранения сахара и к выяснению правильных методов их обслуживания.

Отрицательная сторона расслоения воздуха в складе заключается в существовании его нижнего холодного слоя. Следовательно устранение последнего является средством улучшения действия склада. Осуществить это возможно непосредственным удалением из склада холодного воздуха и замещением его воздухом более теплым, взятым извне. Другим средством может служить перемешивание, напр., электрическими вентиляторами холодного воздуха низа склада с его теплыми верхними слоями, не прибегая к введению внешнего воздуха помимо естественной вентиляции. Такой способ в известные периоды года с точки зрения теплового баланса был бы вполне возможен особенно при использовании лучистой теплоты солнца через крышу и южную стену склада. Наконец третий способ состоит в том, что холодный воздух склада прогревается поставленными непосредственно в складе специальными обогревающими приспособлениями до требуемой температуры и соответствующей влажности, исключающих возможность отсыривания сахара. При этом в верху склада все же неизменно будет теплее чем внизу склада.

В неотапливаемых складах вопрос об удалении из него холодного воздуха обычно решается установкой в потолке (если есть) и в крыше склада вытяжных труб. Нецелесообразность такого способа очевидна сама по себе, так как при таких условиях холодный тяжелый воздух нижней части склада не имеет никаких побуждающих причин для устремления в далекие от него вытяжные трубы в крыше склада. Напротив того, имеются все условия для того, чтобы весной и летом (см. диаграммы чертежа III) этот холодный воздух склада мог быть удален из склада стеканием в пространстве наружного более легко окружающего воздуха по каналам, начинающимся у пола склада. Естественно, что для этого безусловно необходимо соблюдение условия относительно того, чтобы уровень низшего пола склада был заметно, напр., на 1,0—1,5 метра, выше уровня земли.

Что касается обычно принятых для неотапливаемых складов труб в крыше, то эти приспособления в действительности служат для удаления с высших уровней склада наиболее нагретого с относительно малой степенью влажности воздуха. Следовательно такого рода вентиляционные трубы понижают температуру верхней части неотапливаемого склада, удаляют при этом отсюда слишком сухой воздух и тем способствуют понижению степени обсыхания сахара, хранимого в складе на верхних его уровнях.

По данным Васильева ¹⁾ усушка рафинада при хранении на складах колеблется для верхних мешков штабелей от 0.04 до 0.45% и даже до 0.625% по весу сахара. Тогда как в тех же штабелях, но в мешках нижних рядов, наблюдалось в тоже время заметное отсыревание сахара.

Как было выяснено в своем месте, пространство неотапливаемого склада оказывается очень неравномерно прогретым не только относительно его вертикального сечения, но и в горизонтальных плоскостях. При малой подвижности воздуха в складе, при разграниченности его массой сахара в штабелях и при обычно очень значительных объемах и площадях складов сахара очевидно, что выливание из них холодного воздуха при таких условиях может происходить очень неравномерно по всему пространству и площади склада. Поэтому значительно полнее, целесообразнее и легче может быть произведено удаление из склада холодного воздуха постепенным вытеснением его сверху вниз относительно более теплым воздухом, вводимым извне в высшие горизонты внутреннего пространства склада, согласно гидравлической теории движения газов, выдвинутой профессором В. Е. Грум-Гржимайло ²⁾ для расчета металлургических печей. Постепенно оттесняемый к низу склада воздух верхней его по-

¹⁾ З. Е. О. 1910 г. 119 стр., 1909 г. 1 стр. и др.

²⁾ Пламенные печи В. Е. Грум-Гржимайло. 1925 г. Москва.

ловины опускается совершенно равномерно по всей площади склада, нацело вытесняя из него отовсюду холодный и сырой воздух. Отвод воздуха из склада должен быть устроен с самых низших его уровней.

Осуществление по указанному методу обогрева и вентилирования складов требует:

1) герметически закрывающихся окон и дверей в складе при отсутствии каких либо иных отверстий, отдушин, неплотностей в стенах, полу и потолке склада;

2) приводных и отводных каналов для воздуха;

3) вентиляторов или вытяжных труб для отводимого воздуха;

4) обогревающих приспособлений для вводимого воздуха, устанавливаемых за пределами рабочего помещения склада, которое должно быть совершенно свободно от всяких калориферов, негрелых труб и т. п. При искусственной указанной типа вентиляции склада нижний его пол под сахар может быть поставлен на любом расстоянии от низшего уровня подполья и от земли, что судя по ранее выясненному не должно иметь места в складах с естественной вентиляцией.

Результаты произведенного обследования на влажность сахаров хранившихся в 1925 году на Томских складах, как и вообще данные практики с неотапливаемыми складами в Сибири, несмотря на общие отрицательные итоги этого хранения и несовершенства местных складов, все-же определенно выявляют возможность успешного хранения части заполняющего эти склады сахара без всякого его отсыревания. Это обстоятельство имеет очень существенное значение как для освещения вопроса о возможностях сохранения сахара без отопления, так и в отношении устройства самых складов этого рода. В виду этого обратимся к случаю Томского склада Сахаротреста № 5 и выясним на нем, чем характеризуется в температурном отношении то пространство этого склада, где помещался неотсыревший во время хранения сахар. Это удобно установить по данным соответствующих таблиц и по диаграммам чертежа III, выражающим температурный режим склада и его изменения во времени за период с марта по июль.

Неотсыревающий при хранении сахар располагается в складе № 5, как и в остальных ему подобных складах, на полу второго этажа, т. е. на высоте 4-х метров от низа склада, в пространстве между этим полом и уровнем, лежащим над ним на 1.5 метра выше, при чем температурная точка этого уровня, характеризующая его на диаграммах чертежа III, располагается в складе ниже его крыши на два метра.

Сопоставляя температуры уровней, ограничивающих пространство складов, исключаящее отсыревание хранимого здесь сахара с температурами низших и высших уровней склада и сравнивая последовательные их изменения с температурными колебаниями внешнего воздуха, можно установить некоторые положения, имеющие значение для рассматриваемого вопроса.

Как видно из диаграммы зона пространства склада, для краткости назовем ее «неотсыревающей зоной», в температурном отношении всецело подчиняется общему течению изменений температур внешнего воздуха. На случайные относительно кратковременные и резкие колебания внешнего воздуха эта зона реагирует в значительно ослабленной степени, чем обуславливается ее сравнительная температурная устойчивость. Помимо этого, в связи с удаленностью от низшего уровня склада, она относительно слабо воспринимает охлаждающее действие земли, скопляющего внизу склада холодного воздуха и плохо прогретого здесь сахара. В таком же положении указанная зона находится и относительно влияния крыши склада, временами то очень сильно нагревающейся, то значительно охлаждающейся.

Главным фактором, смягчающим влияние внешних воздействий на рассматриваемую зону, является удаленность ее от крыши и от пола склада,

лежащего непосредственно на земле. Поэтому все, что может ослабить температурное влияние того и другого на внутреннее пространство склада, должно способствовать расширению его неотсыревающей зоны.

Очевидно, что в отношении отрицательного влияния крыши таким средством является соответствующее ее устройство и снабжение складов потолками. Что касается средств, смягчающих охлаждающее влияние земли, то таковыми представляется подполье и поднятие хранимого сахара, точнее пола для него, на достаточную высоту от уровня земли.

Помимо всего этого, существенную роль должно играть соответствующее устройство воздушных каналов для стока холодного и для вытяжки слишком теплого воздуха из внутреннего пространства складов, что уже было разобрано в предыдущем изложении.

Что касается необходимости искусственного прогрева склада, то таковое для указанной зоны не требуется. Внизу склада ощущается недостаток тепла, а в высших уровнях теплота оказывается в избытке. Поэтому во избежание обсыхания сахара это тепло должно быть отсюда уводимо через вытяжные трубы в крыше. Если учесть это обстоятельство и принять во внимание, что даже и в рационально устроенных неотапливаемых складах все-же неизбежно будет наблюдаться известная хотя и меньшая разность температур низа и верха склада, то представится возможным эту неравномерность устранить, путем объединения низших и высших слоев воздуха склада перемешиванием их, напр., электрическими вентиляторами, помещаемыми внутрь склада и периодически пускаемыми в работу по мере необходимости.

Все изложенное определенно выявляет необходимость рационализации существующих неотапливаемых складов для хранения сахара, что особенно нужно в Сибири. При этом намечаются следующие основные черты устройства неотапливаемых складов.

Низший внутренний уровень склада должен лежать на 0.5 метра над уровнем земли. Пол для сахара должен подниматься над уровнем подполья на 1.0—1.5 метра. Высота рабочего помещения 3—3.5 метра. Пол под сахар устраивается деревянный с вершковыми просветами через 2—3 доски, для возможности стекания в подполье холодного воздуха и для свободной циркуляции между подпольем и пространством выше пола. Рабочее помещение склада перекрывается потолком. Крыша должна быть устроена так, чтобы пространство между нею и потолком склада могло бы открыванием соответствующих чердачных окон сообразно необходимости вентилироваться, так как температура чердачного помещения имеет столь же важное значение как и температура подполья склада.

Двери и окна склада, устраиваемые в самом ограниченном количестве, располагаются исключительно в северной или восточной стене.

Устройство дверей и окон, как и всех прочих отверстий, ведущих в пространство склада должно позволять герметическое закрывание их, исключаящее всякое свободное проникание воздуха внутрь склада помимо неизбежной естественной вентиляции его через стены, потолок и т. п. или искусственной, планомерно производимой через воздушные вытяжные и сточные каналы.

Вытяжные трубы, равномерно распределяемые в потолке, выводятся над крышей и снабжены на верху колпаками. Сточные воздушные каналы располагаются на низшем горизонте подполья и открываются в наружных стенах склада на 0.1 метра выше уровня земли.

Никаких иных отдушин, труб и прочих отверстий, устанавливающих свободное сообщение внутреннего пространства склада с атмосферным наружным воздухом не должно быть в складах, предназначенных для сахара.

Все помещение склада должно быть разделено на совершенно обособленные друг от друга в смысле сообщения их воздушного пространства отделения емкостью по 5—7 вагонов каждое.

Последнее требование вытекает из выясненной легкости и быстроты отсыревания сахара. Поэтому, если неизбежно приходится открывать склад для выгрузки сахара нередко в погоду не особенно для него благоприятную, то, конечно, необходимо озаботиться о защите против отрицательного влияния такой погоды остающегося в складе сахара. Осуществление этого возможно только при разделении общего помещения большого склада на взаимно разобщенные небольшие отделения.

Наличность последних облегчает также и возможность более удобной и тщательной вентиляции склада. При искусственной вентиляции разделенный склад требует меньшей силовой установки чем неразделенный, так как в дифференцированном складе вентиляция его может производиться постепенно частями.

Ограничиваясь сказанным относительно главнейших требований устройства сахарных складов перейдем теперь к рассмотрению вопроса об их отоплении.

Главная угроза в отношении отсыревания хранимого в складе сахара, как было уже выяснено, лежит в отставании прогрева массы сахара от прогрева атмосферного воздуха. Поэтому основная задача успешного хранения сахара в складах заключается в постоянном поддержании такой разности температур между сахаром и воздухом, которая исключала бы возможность отпотевания сахара в складе при самых неблагоприятных метеорологических условиях.

Очевидно, что эта разность обуславливается многими обстоятельствами. Она зависит не только от температуры сахара и воздуха, но и от направления температурных изменений, т. е. идут ли они в сторону охлаждения или нагревания. Помимо этого имеет существенное значение еще темп амплитуды колебаний внешнего воздуха, а также и устройство сахаро-хранилища. Стремясь установить эту разность, обычно непосредственно сопоставляют крайние температуры сахара в складе и наружного воздуха.

Очевидно, что это неправильно, так как неотапливаемый склад даже в суровых сибирских климатических условиях значительно сужает для своего внутреннего пространства температурную амплитуду колебания внешнего воздуха. А поэтому и разность температур, угрожающая сахару отсыреванием, в действительности оказывается гораздо меньше обычно предполагаемой, как это наглядно выявляется диаграммами температурного режима склада. В виду этого при разборе вопроса об отсыревании сахара в складах должно исходить из сопоставления крайних температур внутреннего воздушного пространства склада и находящегося в нем сахара, а не из сравнения температуры последнего с предельными температурами внешнего воздуха. При таких условиях задача отопления сахарных складов заметно сужается. Если же принять во внимание, что прогревание преобладающей массы сахара, хранимого в неотапливаемых складах, за исключением находящегося в неблагоприятных условиях низших уровней, все же протекает вполне удовлетворительно в естественных условиях, следуя общим температурным изменениям атмосферного воздуха, то отсюда, следует, что отопление складов для искусственного прогрева массы хранимого здесь сахара не требуется.

Однако, при этом возникает вопрос о необходимости отопления склада в отношении его вентиляции, т. е. возможности без отопления при естественной или искусственной вентиляции удалить из склада всю влагу, вводимую сюда вместе с внешним воздухом.

Рассматривая вопрос о влажности и температуре неотапливаемых складов, следует то и другое относить только к середине и к верхним пространствам современных складов. Соответствующие же условия их низших уровней не могут быть принимаемы во внимание, как совершенно ненормальные в виду уже выясненной неправильности устройства этих складов, приводящей

к скоплению и застыванию здесь холодного воздуха, что нарушает нормальное прогревание сахара и создает местную повышенную влажность.

В разбираемом случае совершенно не принимается во внимание влага, попадающая в склад через его стены, пол и т. п., так как количественно она ничтожна сравнительно с влагой массы проходящего через склад воздуха, могущей при неблагоприятных условиях здесь задержаться.

Атмосферный воздух в Сибири вообще и в частности в Томске сравнительно редко бывает насыщенным водяными парами.

Однако, близким к этому состоянию, именно, около 90—96% относительной влажности он бывает очень часто, а временами и в течение долгих периодов, главным образом осенью. Зимой относительная влажность воздуха держится также высоко. С февраля она начинает опускаться, наиболее низко падая в мае и июне, когда по средним месячным она достигает 60—65% при суточном понижении, доходящем в отдельные дни даже до 40%. После июня влажность воздуха начинает снова подниматься.

При этом, однако, необходимо отметить, что в период наибольшей сухости воздуха относительная влажность его неоднократно в течение лета неожиданно кратковременно поднимается почти до состояния насыщения. Из диаграмм чертежа II суточных максимумов и соответствующих им температурных точек росы, вычисленных по средней суточной относительной влажности для Томска за 1925 г. видно, что точка росы осенью и зимой чрезвычайно близка к температуре наружного воздуха.

За время осени и зимы точки росы атмосферного воздуха, судя по средним месячным данным, лежат ниже средних суточных его температур только на 2°C, колеблясь в пределах от 0° до 5°C. Начиная с марта месяца эта разность быстро повышается, поднимаясь в июне в среднем за месяц до 8° с колебаниями посуточно от 3 до 14°. После июня температурная точка росы снова постепенно начинает приближаться к соответствующей средней температуре атмосферного воздуха. Таким образом, по близости точки росы к температуре атмосферного воздуха угроза отсыревания для сахара, хранимого в неотапливаемых складах очень велика. С точки зрения относительной влажности возможность отсыревания представляется наибольшей зимой и осенью. Однако, обращая внимание на абсолютную влажность атмосферного воздуха в различные периоды года, придется прийти к иному заключению, а именно, что количественно угроза отсыревания сахара значительно больше весной и летом, чем зимой. Из метеорологических данных для Томска видно, что абсолютная влажность воздуха за зиму колеблется от 1.06 до 1.91 гр., тогда как летом она повышается до 12.40 гр. Если же принять во внимание, что весной и летом неизбежно повторяются случаи неожиданного подъема относительной влажности, хотя и кратковременного, но чрезвычайно высокого, нередко отвечающего почти состоянию насыщения, то станет очевидным, что с точки зрения абсолютной величины возможного отсыревания сахара в складе теплый период года является наиболее опасным временем для хранимого в складах сахара. В общем же все только что сказанное говорит о том, что угроза отсыревания хранимого сахара со стороны изменений влажности атмосферного воздуха достаточно велика и при том постоянна, независимо от времени года.

Какое же значение могут иметь неотапливаемые склады для защиты находящегося в них сахара против отрицательного влияния на него временами избыточной влажности атмосферного воздуха?

Первая наиболее простая возможность использования в этом отношении таких складов заключается в полном обособлении на время внутреннего их пространства от сообщения с излишне влажным внешним воздухом. Это легко осуществить при наличии надлежащего устройства герметическим закрытием всех окон, дверей, воздушных каналов, отдушин и прочих соединений внут-

ренного пространства с наружным воздухом. В таком изолированном состоянии склад должен оставаться до исчезновения излишней влажности в атмосферном воздухе. Конечно, несмотря на эти меры, избыточная атмосферная влажность в известной степени все же проникнет через стены склада, однако, это будет все-же далеко не тем, что дадут открытые отдушины, не плотно залирающиеся двери, окна и т. п. К сожалению эта простая вполне доступная мера практикой совершенно игнорируется.

Являясь до известной степени аккумулятором лучистой солнечной энергии, сахарные склады особенно весной и летом мало по малу накапливают в себе, конечно, за исключением низших своих уровней, некоторое избыточное, сравнительно с окружающим воздухом, количество теплоты. Это легко проследить по соответствующим приведенным раньше таблицам и по чертежу диаграмм температурного режима склада. При таких условиях воздух поступающий извне в склад здесь несколько нагревается, что в случае высокой влажности этого воздуха умеряет опасность отсыревания находящегося в складе сахара.

Помимо отмеченного, значение неотапливаемого склада заключается еще в смягчающем действии его воздушного пространства на восприятие хранимым здесь сахаром вообще всех внешних воздействий и в том числе влияния излишне влажного внешнего воздуха.

Но несмотря на все это, защитное значение неотапливаемых складов против отсыревания сахара, оказывается при известном стечении метеорологических условий в некоторые периоды года недостаточным. Поэтому для возможности безусловного сохранения сахара в складах необходимы какие-то средства, позволяющие не только не допустить в склад излишне влажного внешнего воздуха, но дающие возможность его обезвреживать и даже делать полезным для хранимого сахара. Таким средством, как известно, является подогревание внешнего вводимого в склад воздуха. Подогрев этот должен быть до такой температуры и влажности, которые исключали бы возможность выделения в складе из вводимого сюда воздуха содержащейся в нем влаги. В отдельных случаях желательно даже уводить с этим подогретым воздухом излишнюю влагу скопляющуюся в складе. Последнее требует только большого нагрева вводимого воздуха, следовательно, все дело сводится к подогреву впускаемого в склад наружного воздуха, сущность чего лежит в понижении относительной влажности и в увеличении влагоемкости вводимого при этих условиях в склад воздуха. Направляя такой воздух в верхние горизонты склада и удаляя его с низших уровней последнего, легко нацело вытеснить весь застоявшийся здесь излишне влажный и слишком холодный воздух и заменить его более теплым сухим.

При известной продолжительности протягивания вводимого указанным порядком подогретого воздуха через склад с сахаром, начавшим отсыревать, легко обсушить последний, как и само помещение склада.

Таким образом, выдвигается необходимость устройства для каждого сахарного склада искусственной вентиляции с подогревом вводимого в склад воздуха. При чем вентиляция эта должна производиться не постоянно, а периодически, по мере надобности. Надобность же эта устанавливается определенным соотношением влажности и температур атмосферного воздуха и воздуха внутри склада в его низших уровнях.

Указанное соотношение определяется для данных температур и влажности наружного воздуха таким его охлаждением внутри склада, при котором относительная влажность наружного воздуха, вводимого сюда, может повыситься до пределов, угрожающих хранимому сахару отсыреванием. Но как было выяснено, эти пределы не постоянны и зависят от температуры и чистоты сахара.

Для безусловно сухого чистого сахара угрожающая влажность окружающего его воздуха $= 111\%$. Для твердого чистого сахара, имеющего, однако, на

своей поверхности хотя бы самый минимальный слой патоки из химически чистой сахарозы, влажность воздуха при которой такой сахар начинает отсыревать, колеблется в зависимости от температуры в пределах 91.3—89.2% относительно влажности. Для сахара уже заметно отсыревшего, лежалого и подвергнувшегося в своей патоке инверсии предельная влажность для окружающего его воздуха, взятая как и в предыдущем с известным приближением, колеблется от 77.9 до 73.5% относительной влажности для температурных границ от 0 до 35°C.

Указанное положение говорит о том, что при рациональном обслуживании сахарного склада необходимо в нем поддерживать определенную температуру и влажность, меняющиеся со временем года, погодой и местом склада. При таких условиях вентиляция склада то может быть необходима, то совершенно не нужна, то, наконец, безусловно вредна. Критерием ее необходимости, условий и степени являются влажность и температура наружного воздуха и внутри склада. Следовательно, термометры и приборы для определения влажности должны быть обязательными и неизменными спутниками каждого сахарного склада, а заботы о систематическом ведении соответствующих журналов должны быть включены в постоянную обязанность руководящего персонала складов. Без этого условия работа на складах оказывается совершенно необоснованной и неизменно ведет к большей или меньшей порче хранимого сахара.

Очевидно, что порядок проветривания и вентилирования складов не может быть формулирован в виде какой либо всюду и всегда обязательной твердо установленной по условиям и времени программы. Однако, бывают случаи, когда вентиляция безусловно требуется, а именно, она всегда необходима после каждого открывания склада, напр., для разгрузки, нагрузки склада и т. п. Причина этого лежит в том, что открывание склада, будет ли то в жаркое летнее или в холодное зимнее время неизменно влечет за собою нарушение установившегося в складе температурного режима, в идеале совершенно одинакового для всего пространства склада. В связи с этим появляется неравномерность температурного распределения, а вместе с тем и влажности, в складе, что вызывает в одних случаях отсыревание, в других обсыхание сахара. Принимая во внимание стремительность и кратковременность развертывания процесса отсыревания сахара, следует признать необходимым немедленное же за открыванием склада его вентилирование до проведения его режима в желательное и устойчивое состояние.

Само собой понятно, что вентиляция сахарных складов с подогревом воздуха резко отличается по своему существу от обычно рекомендуемого и практикуемого отопления складов, преследующего не столько нагревание воздуха склада, сколько прогрев массы хранимого здесь сахара и отчасти здания склада. В связи с этим нагревные трубы, калориферы располагают при отоплении складов непосредственно в помещении с хранимым сахаром, что по сути процессов взаимоотношения хранимого сахара с окружающим его воздухом является в этих условиях принципиальной ошибкой.

Совершенно иное положение в складе с вентиляцией, связанной с подогревом воздуха. Здесь ни сахар, ни склад искусственно не прогреваются, исходя из того положения, что температуры их в среднем своим изменением по времени без внешнего вмешательства свободно следуют с достаточным приближением за средними температурами и их изменениями атмосферного воздуха. Нагревание в этом случае подвергается только вводимый в склад воздух, которым от времени до времени обмывается внутреннее пространство склада и хранимый сахар. Целью этого является вытеснение местами застаивающегося здесь холодного воздуха и удаление скопляющейся избыточной влажности.

Сообразно с этим никаких отопительных устройств в самом складе не должно быть. Установка же для подогревания воздуха и его увлажнения, на случай чрезмерного обсыхания сахара, должна устраиваться непременно за пределами рабочего помещения склада.

Понятно, что указанный порядок обслуживания сахарных складов резко отличается от отопления их в обычно принятой практике, при том не только по существу, но и в отношении затраты тепла.

Это можно видеть из сопоставления количеств тепла необходимого на прогревание сахара и воздуха в сахарном складе. «Если в складе находится 150.000 пудов сахарного песка, то для повышения этого количества сахара на 1°C требуется по проф. Зуеву ¹⁾ около 1.000.000 калорий, между тем как для повышения температуры воздуха, находящегося в означенном складе, на 1°C требуется затратить всего только около 5.000 калорий».

В управлении складом решающее значение, как было уже выяснено, имеет установление известного соотношения температур и влажности внутри и вне склада.

Это соотношение для данных температур и влажности наружного воздуха определяется таким охлаждением склада, при котором относительная влажность наружного воздуха становится угрожающей для отсыревания хранимого здесь сахара.

В отношении предельной влажности воздуха, ниже которой не следует опускаться в складе, можно принять с известным приближением уже указанные выше нормы.

Что касается самого определения относительной влажности наружного воздуха при охлаждении его до температуры склада, то оно производится обычным расчетом, приводящим к общезвестной представленной ниже формуле для относительной влажности охлажденного воздуха. При этом искомая влажность выражается отношением g —веса количества воды, содержащейся в одном кубическом метре наружного воздуха в соответствующем его состоянии, к g_1 —количеству воды в одном метре насыщенного воздуха при температуре склада.

Где:

$$\frac{G}{G_1} = \frac{p g}{g_1 (1 + \alpha T)} \quad \left\{ \begin{array}{l} t \text{ — температура наружного воздуха.} \\ T \text{ — температура воздуха склада.} \\ p \text{ — относительная влажность наружного воздуха при } t^{\circ}\text{C.} \\ g \text{ — абсолютная влажность наружного воздуха при } t^{\circ}\text{C} \\ \text{в состоянии насыщения.} \\ \alpha \text{ — коэффициент расширения воздуха.} \\ g_1 \text{ — абсолютная влажность воздуха в состоянии пол-} \\ \text{ного насыщения при } T^{\circ}\text{C.} \end{array} \right.$$

откуда

$$\frac{G}{G_1} = \frac{p g (1 + \alpha t)}{g_1 (1 + \alpha T)} \quad \left\{ \begin{array}{l} \frac{1 + \alpha T}{1 + \alpha t} \text{ — объем 1 куб. метра воздуха с температурой} \\ t \text{ по охлаждению его до } T^{\circ}\text{C.} \end{array} \right.$$

Выделение росы из охлаждающегося в складе наружного воздуха наступает с момента, отвечающего случаю, при котором его относительная влажность делается равной единице, т. е. когда

$$\frac{G}{G_1} = \frac{p g (1 + \alpha t)}{g_1 (1 + \alpha T)} = 1.$$

Определяя из этого уравнения T , найдем температуру точки росы в складе.

Момент отсыревания сахара в складе начинается несколько раньше, при том неодинаково в зависимости от температуры, чистоты сахара, степени его отсыревания и разложения.

¹⁾ М. Д. Зуев. „Энцикл. Сах. Произв.“ IV т. 334 стр.

Температура отсыревания сахара определяется таким уравнением:

$$\frac{p g (1 + \alpha t)}{g_1 (1 + \alpha T)} = K,$$

где K представляет собой величину относительной влажности воздуха в складе соответствующей началу отсыревания здесь сахара. В зависимости от температуры, а также свойств и состояния сахара, величина K , как было уже выяснено, может колебаться в широких пределах от 91,3 до 73,5%, а в отдельных случаях и до 60%.

Приведенные формулы дают возможность по температуре и влажности наружного воздуха и температуре внутри склада установить предельную влажность склада для отсыревания хранимого сахара. Зная же последнюю можно по тем же уравнениям определить соответствующую температуру склада. Наконец, эти же формулы дают возможность по температурам и влажности внутри и вне склада установить необходимую температуру для вводимого в склад наружного воздуха в целях вентилирования помещения склада. Расчеты эти очень просты, но для производства их необходимо только иметь под руками общеизвестные широко применимые при расчетах вентиляции, отопления, сушки и т. п. таблицы, дающие для различных температур численное значение двучлена $(1 + \alpha t)$, а также величину содержания воды в куб. метре воздуха в состоянии насыщения и при нормальном давлении. Ниже такая таблица приводится для температур от -20° до $+35^\circ \text{C}$, куда для облегчения вычислений введена еще графа численных значений для произведения величины двучлена $(1 + \alpha t)$ на g содержания воды в 1 куб. метре воздуха при различных температурах.

Применим указанные формулы и данные приведенной таблицы к какому-либо частному случаю из практики. Возьмем по таблице 20 для Томского склада Сахаротреста № 5 его условия, отвечающие 23 апреля 1926 года. Показания температуры для упрощения подсчетов будем брать в круглых целых градусах. В указанном случае температура наружного воздуха $+5^\circ \text{C}$, его влажность 70%. Температура склада на уровне нижнего пола $+1^\circ \text{C}$ при влажности 94%. Целесообразно-ли при таких условиях проветривать склад, непосредственно пуская наружный воздух на сахар нижнего этажа, например открыванием дверей склада? Вопрос этот сводится к определению по соответствующей формуле степени влажности наружного воздуха при температуре склада на указанном его уровне, что выражается так:

$$\frac{0.70 \times 0.0068 \times (1 + \alpha \cdot 5)}{0.0045 \times (1 + \alpha \times 1)} = \frac{0.70 \times 0.0069}{0.0045} = 1.08.$$

Так как найденная величина больше единицы, то это показывает, что наружный воздух введенный в склад на уровень пола первого этажа станет сильно выделять росу и тем вызовет отсыревание находящегося здесь сахара.

Этот пример наглядно убеждает в том, что трактуемое безусловно полезным открыванием складов «в теплые, ясные, солнечные дни» нередко может быть заведомо ведущим к отсыреванию и к порче сахара.

Таким образом в условиях указанной температуры и влажности нельзя допускать наружный воздух в нижнюю часть сахарного склада. В какой же мере это возможно для верхней части того же склада, где температура равна $+12^\circ \text{C}$? Здесь наружный воздух примет такую влажность:

$$\frac{0.70 \times 0.0068 \times (1 + \alpha \times 5)}{0.0106 \times (1 + \alpha \times 12)} = \frac{0.70 \times 0.0069}{0.0121} = 0.43\%.$$

ТАБЛИЦА 24.

Темпера- тура воз- духа °C	Значение	Воды в 1 куб. метре воздуха в кгр.	Произве- дение	Темпера- тура воз- духа °C	Значение	Воды в 1 куб. метре воздуха в кгр.	Произве- дение
t	1+αt	g	g×(1+αt)	t	1+αt	g	g×(1+αt)
-20	0.927	0.0011	0.0010	8	1.029	0.0083	0.0085
19	0.930	0.0012	0.0011	9	1.033	0.0088	0.0091
18	0.934	0.0013	0.0012	10	1.037	0.0094	0.0097
17	0.938	0.0014	0.0013	11	1.040	0.0099	0.0103
16	0.941	0.0015	0.0014	12	1.044	0.0106	0.0111
15	0.945	0.0016	0.0015	13	1.048	0.0113	0.0118
14	0.949	0.0017	0.0016	14	1.051	0.0120	0.0126
13	0.952	0.0019	0.0018	15	1.055	0.0128	0.0135
12	0.956	0.0020	0.0019	16	1.059	0.0136	0.0144
11	0.959	0.0022	0.0021	17	1.062	0.0144	0.0153
10	0.963	0.0023	0.0022	18	1.066	0.0153	0.0163
9	0.967	0.0025	0.0024	19	1.070	0.0162	0.0173
8	0.971	0.0027	0.0026	20	1.073	0.0172	0.0185
7	0.974	0.0029	0.0028	21	1.077	0.0182	0.0196
6	0.978	0.0031	0.0030	22	1.081	0.0193	0.0209
5	0.982	0.0034	0.0033	23	1.084	0.0204	0.0221
4	0.985	0.0036	0.0035	24	1.088	0.0216	0.0235
3	0.989	0.0039	0.0039	25	1.092	0.0229	0.0250
2	0.993	0.0042	0.0042	26	1.095	0.0242	0.0265
-1	0.996	0.0045	0.0045	27	1.099	0.0256	0.0281
0	1.000	0.0049	0.0049	28	1.103	0.0270	0.0298
+1	1.004	0.0052	0.0052	29	1.106	0.0285	0.0315
2	1.007	0.0056	0.0056	30	1.110	0.0301	0.0334
3	1.011	0.0060	0.0061	31	1.114	0.0318	0.0354
4	1.015	0.0064	0.0065	32	1.117	0.0335	0.0374
5	1.018	0.0068	0.0069	33	1.121	0.0354	0.0397
6	1.022	0.0073	0.0075	34	1.125	0.0373	0.0420
7	1.026	0.0077	0.0079	35	1.128	0.0393	0.0443

Из найденного числа видно, что при тех же условиях введение наружного воздуха в верх склада вполне возможно и желательно.

Вычисляя подобным же образом влажность наружного воздуха при введении его на последующие уровни того же склада, найдем следующие величины:

70% для уровня пола II этажа и

90% для уровня на 2 метра выше нижнего пола склада.

Следовательно, и сюда возможно вводить наружный воздух без опасения вызвать отсыревание сахара, что нельзя сделать в отношении нижней части склада. Между тем здесь скапливается и застаивается холодный и слишком влажный воздух, удаление которого отсюда необходимо для целостности находящегося здесь сахара.

Удалять из склада нежелательные здесь нижние воздушные слои возможно не только непосредственной заменой их наружным воздухом. Их также можно устранять вытеснением уже находящимся в складе воздухом, заполняющим вышележащие соседние горизонты. Для осуществления этого нужно только ввести в высшее пространство склада относительно более теплый воздух, взятый извне в количестве лишь удаляемого снизу холодного воздуха, который при этом совершенно не будет соприкасаться с вводимым в склад внешним теплым воздухом.

При таком условии при низших уровнях склада роса уже не выделяется, так как влажный воздух, сниженный с высоты двух метров на уровень первого пола, будет иметь все же относительную влажность еще значительно ниже 100%, а именно 88%. Таким образом из приведенного видно, что несмотря на недопустимость при взятых условиях обычного проветривания холодного склада наружным теплым воздухом, пользование последним для вентиляции все же вполне возможно и целесообразно и в подобных случаях, но для этого необходимо теплый наружный воздух, не смешивая с внутренним холодным вводить на самые верхние горизонты склада. Благодаря этому удаляется с низа склада скопляющийся здесь холодный и излишне влажный воздух, выравнивается температура и влажность воздушного пространства склада и устанавливается такой температурный режим, который способствует успешному хранению сахара.

Совокупность всего изложенного выше приводит к следующим общим заключениям.

Первопричиной отсыревания сахара в складах является расслоение в нем воздуха на теплый и холодный под влиянием внешних температурных и метеорологических изменений.

Устройства сахарных складов и способы ухода за хранимым в них сахаром, не считающиеся с явлением расслоения воздуха в складах и не учитывающие стремительность и кратковременность единовременного отсыревания, оказываются неудовлетворительными и неизменно ведут к отсыреванию и последующей порче сахара.

Сахарные склады, являясь промежуточным фактором во взаимодействии сахара и атмосферного воздуха, в своем устройстве, порядке обслуживания и успешности хранения в значительной мере определяются внешними климатическими условиями. При чем одни районы благоприятствуют хранению сахара и устройству здесь складов, другие—нет.

Сибирь мало благоприятствует длительному промышленному хранению здесь сахара, поэтому принятая единовременная зимняя отправка сюда всего потребляемого Сибирью количества сахара нецелесообразна и требует пересмотра и изменения.

При отсутствии в Сибири соответствующих сахарных складов, при недостатке здесь вообще годных для этого хранилищ и при отсутствии надлежащего руководства и надзора за хранением сахара, последний неизбежно обречается в Сибири при длительном хранении на порчу.

В связи с этим здесь создается нездоровая почва сбыта сахара, а много-миллионное сибирское население лишается высококачественного продукта первой необходимости, получая вместо него более или менее испорченный, пожелтевший, комковатый, нередко с запахом затхлости сахар.

Что касается текущей практики сбыта сахара, то таковую необходимо в большей мере чем до сих пор увязать со следующими положениями имеющими практическое существенное значение для целости сбываемого сахара:

- 1) более чистый и сухой сахар отсыревает при высшей влажности воздуха, почему является более стойким при хранении в складах;
- 2) технические нормы наивысшей влажности сахара зависят от низшей практически возможной для данного сахара температуры;
- 3) максимальная влажность сахара, отправляемого в северные области, где длительные зимние морозы достигают -20° и больше должна быть наименьшей и для рафинада не переходящей более 0,10% по его весу;
- 4) сахар, направляемый в Сибирь должен обладать наибольшей чистотой и сухостью.

В связи с совокупностью всего разобранного очередными задачами сахарной промышленности СССР является:

- 1) всесторонняя серьезная разработка вопроса об устройстве и обслуживании складов для сахара;
 - 2) пересмотр вопроса о снабжении Сибири сахаром относительно условий и времени его отправки сюда;
 - 3) экспериментальное изучение работы складов, их температурных режимов как вообще, так и в особенности в Сибири;
 - 4) переработка существующих инструкций для хранения сахара в складах.
-

Приложение 1.

ЦИРКУЛЯРНО.

Всем нашим конторам и отделениям.

Ниже сообщается для руководства и исполнения Инструкция о хранении и перевозке наших сахаров.

*Член правления**Заведывающий отделом сбыта***ИНСТРУКЦИЯ (Сахаро-Трест)****о хранении и перевозках наших сахаров от 23 ноября 1924 г.**

4. Технически склад должен отвечать следующим требованиям.

I. Помещение должно быть вполне исправное, в особенности потолки и крыша, желательно каменное с деревянным полом.

II. Обладать достаточной емкостью и грузоподъемностью полов, установленной техническим надзором.

III. Не сырое.

IV. Имеющее достаточное количество выходов удобных для носки сахаров.

V. Вентилируемое.

VI. Безопасное в пожарном отношении и от стихийных бедствий, как наводнение и т. п.

VII. Безопасное от ограблений.

VIII. Гарантированное, в пределах возможного, от грызунов.

5. Склад желательно иметь вблизи ж. д. станций, при пристани парокондуктов с подъездным ж. д. путем.

6. Сахар должен складываться на подтоварники на четверть от пола отдельно, по сортам, штабелям повагонно, высотой рафинад кусковый, пиленый, прессованный не больше 6 мешков, колотый головной 7—8 мешков и песок белый 8—10 в зависимости от тары правильными рядами, так чтобы можно было обойти вокруг вагонного штабеля и просчитать количество мешков.

Сырой и подмоченный сахар должен храниться отдельно от остальной массы сахаров.

Сахар, прибывший в дефектной таре, должен быть немедленно или пересыпан в здоровую тару, или тара должна быть починена.

Всяких перекидок сахаров необходимо избегать.

Примечание: Подтоварники должны представлять собой следующие: толстые брусья вершк. 4—6, на них расположены доски 2—3 вершков, все это покрывается брезентом или старыми мешками или плотной рогожей.

7. Рафинадная патока должна быть в таком месте, куда меньше проникают солнечные лучи. Летом бочки следует покрывать слоем соломы, а сверху класть рогожи, в жаркие же солнечные дни периодически поливать водой рогожи и солому.

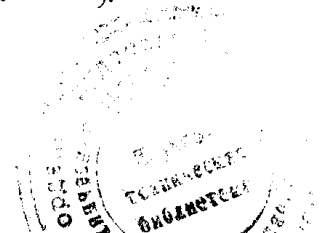
Исправность и состояние бочек от времени до времени проверяются специалистами бондарями.

8. Склад должен регулярно проветриваться. В ясные сухие солнечные дни следует открывать окна и двери, для чего необходимо иметь в них решетки.

Норма убыли допускается следующая:

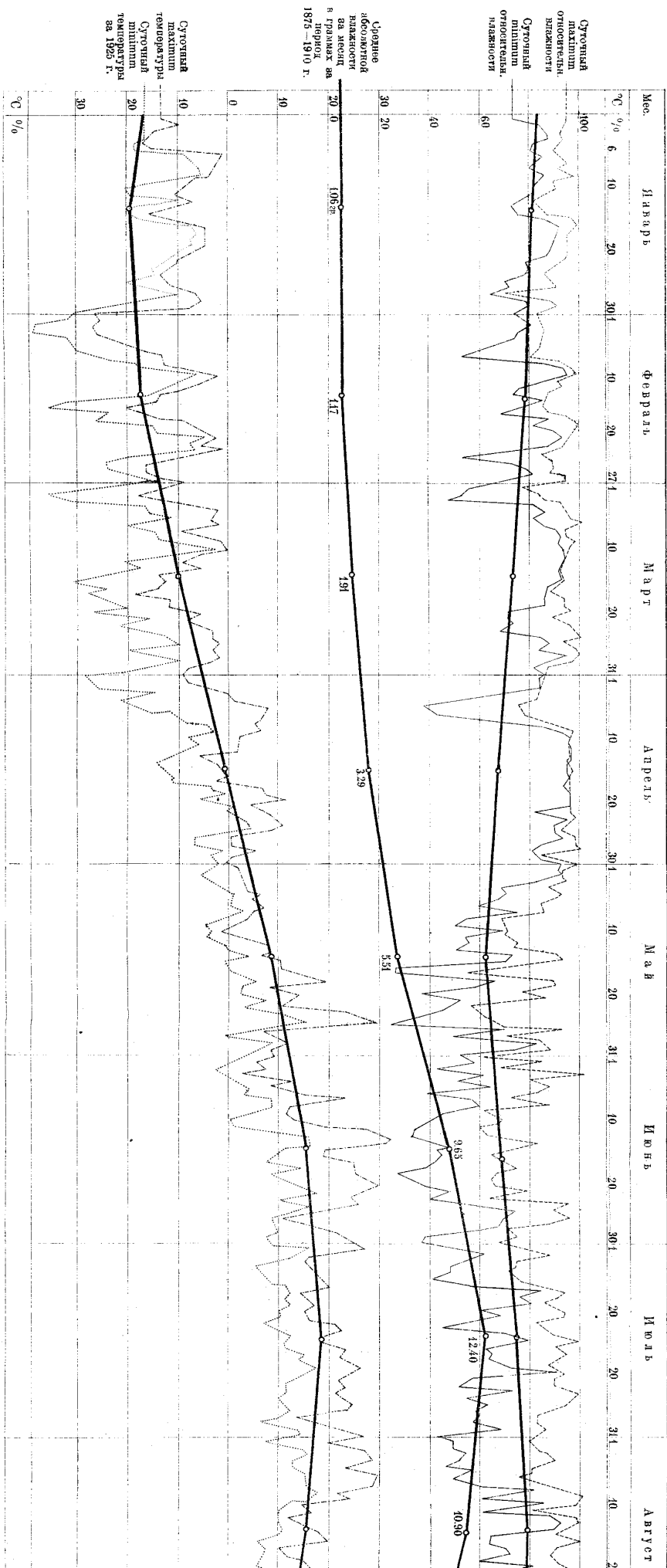
На рафинад 0,025% (10 ф. на вагон).

На песок белый 0,04% (16 ф. на »).



Чертеж 1.

ные абсолют., относит. влажности и температуры за период 1875—1910 г.

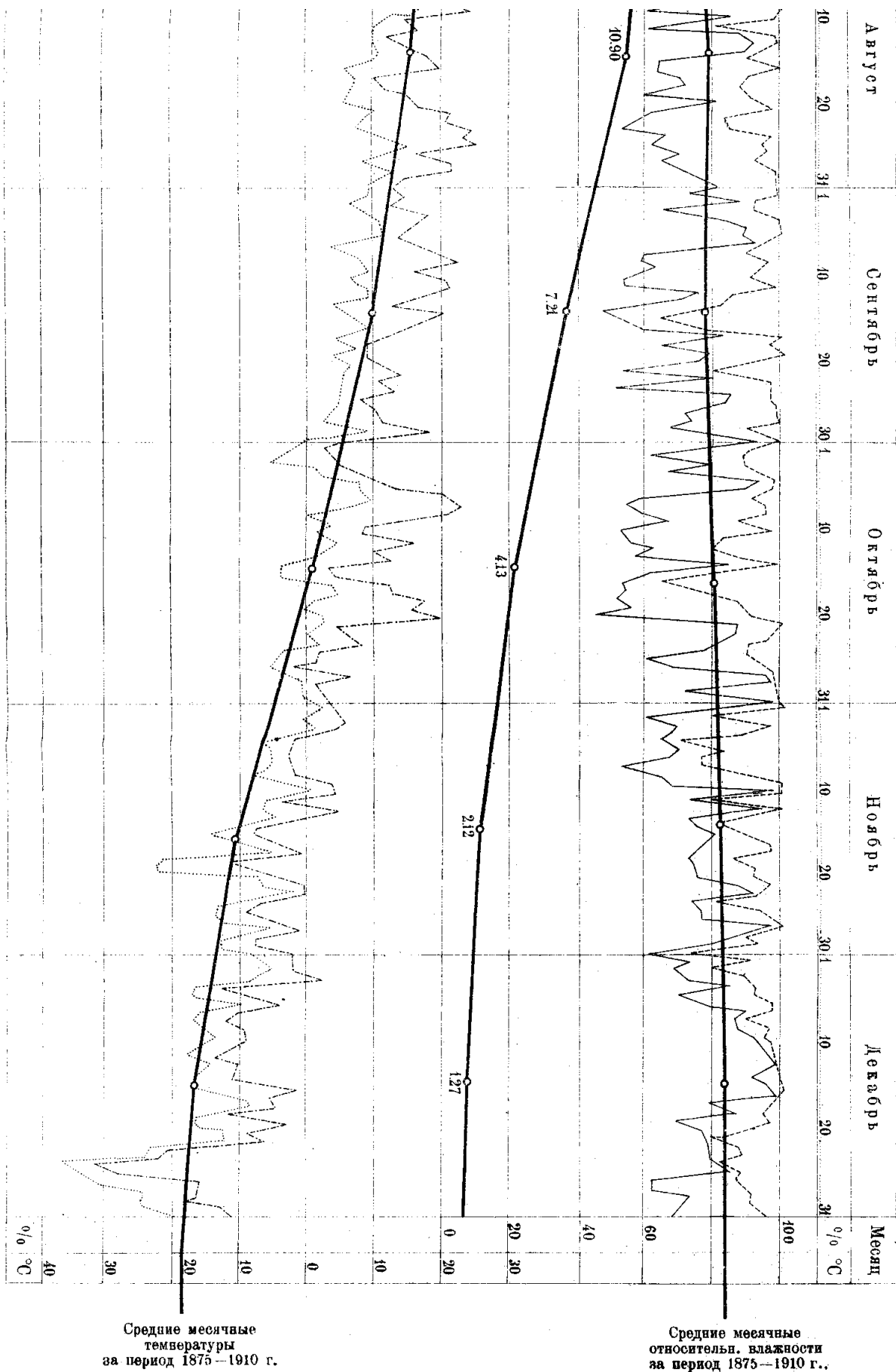


Г.А.

и средние месяч

10 г.

К статье проф. С. В. Лебедева.

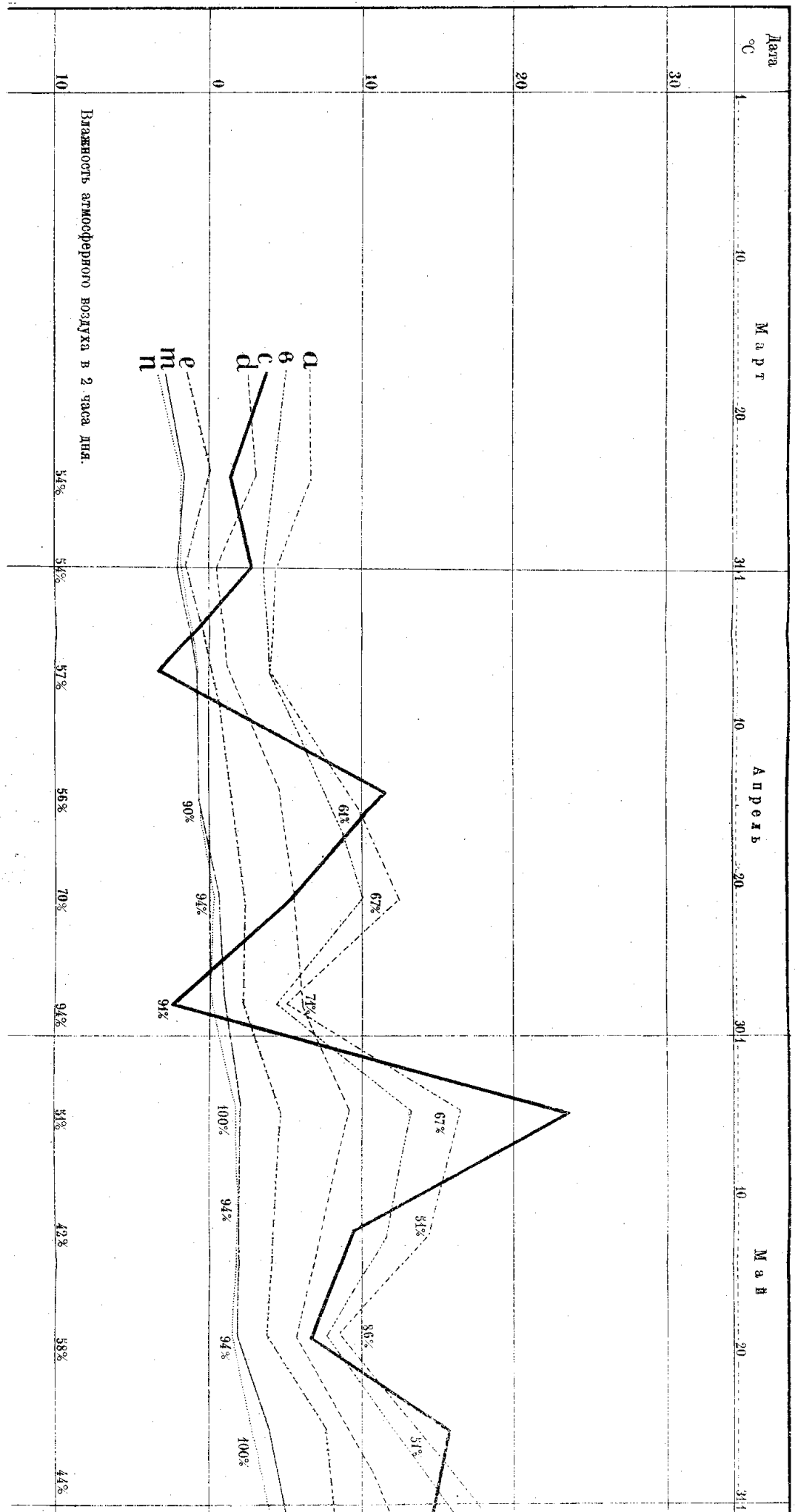


ДИАГРАММА

температурного режима сахарного склада в Сибири (г. Томск) и его изменения по

к статистике проф. С. В. Лебедева.

времени за 1926 год.



Обозначение температурных кривых:

а ----- На высоте 2 шт. от пола II-го этажа и от крыши на 0.5 шт.

б ----- На высоте 1,5 шт. от пола II-го этажа.

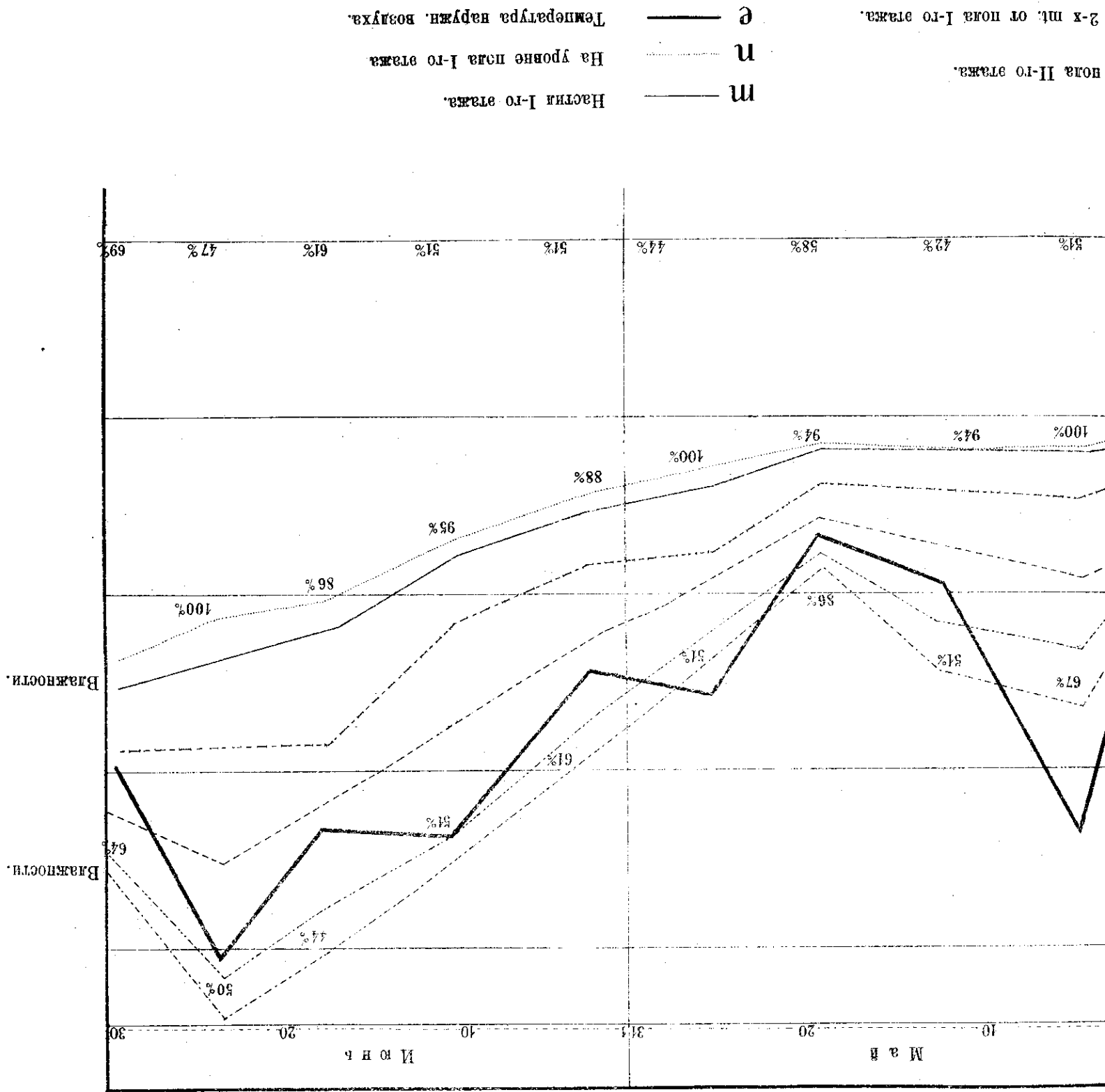
d ----- На уровне пола II-го этажа.

e ----- На высоте 2-х шт. от пола I-го этажа.

м -----
n -----
е -----

(Г. Томск) и его изменения по

Чертёж II.



ДИАГРАММА

Температура
максимум за
сутки
Температура
точек росы

относительной влажности.

Чертеж III

