

НАРОДНЫЙ КОМИССАРИАТ ЗАГОТОВОК СССР

Т Р У Д Ы
ОДЕССКОГО ИНСТИТУТА
ТЕХНОЛОГИИ ЗЕРНА И МУКИ
им. И. В. СТАЛИНА

ГОСТОРГИЗДАТ¹

МОСКВА

1938

Аннотация

Труды Одесского института технологии зерна и муки им. И. В. Сталина охватывают научно-исследовательские работы, имеющие серьезное промышленное значение. Три статьи посвящены вопросам кондиционирования, четыре статьи—химическим вопросам и четыре статьи—вопросам механической технологии. Сборник рассчитан на инженерно-технических работников промышленности зерна и муки. Труды иллюстрированы 69 рисунками и диаграммами.

ПОЯСНЕНИЯ К РИСУНКАМ И ЧЕРТЕЖАМ

1. Кривые на рисунках 6 и 7 на стр. 16 относятся к муке III сорта.
2. Поперечные срезы хлебов, приведенные на рис. 17 на стр. 35 относятся: 1) к хлебу из муки некондиционированного зерна; 2) к кондиционированному холодным способом при 36 час.; 3) то же при 48 час.; 4) к хлебу кондиционированному горячим способом при 45° Ц; 5) то же при 55° Ц.
3. Фиг. V на стр. 95 следует перевернуть. То же фиг. 1 на стр. 97.
4. Кривые на рис. 1, на стр. 112 показывают: 1) поступающий продукт на деташер и вальцевый станок; 2) продукт после деташера при $Q = 500$ кг/час; 3) продукт после вальцевого станка при $Q = 5$ кг/час. Кривые I и II на рис. 2 на стр. 113 имеют те же обозначения, что и на рис. 1, а кривая III показывает продукт после вальцевого станка при $Q = 3$ кг/см/час.
5. Кривые на рис. 3 на стр. 114 показывают: I продукт, поступающий на деташер и вальцевый станок; II продукт после деташера при $Q = 400$ кг/час; III продукт, поступающий на вальцевый станок при $Q = 3,5$ кг/см/час. Кривые I и II на рис. 4, стр. 114 имеют те же обозначения, что и на рис. 3. Кривая III обозначает продукт после вальцевого станка при $Q = 4$ кг/см/час.
6. Кривые на рис. 5 и 6 на стр. 115 и на рис. 7 на стр. 116 обозначают: I—дунст 2 разм. системы; II—дунст 9 р. с.; III—верхний сход 6 р. с.; IV—нижний сход 9 размольной системы.

Автор	Название	Страница	Строка	Напечатано	Должно быть	По чьей вине
Демидов	Кондиционирование твердой пшеницы	30	2 снизу	Некондиционированного	Кондиционированного	автора
Демидов и Ицкович	Кондиционирование твердой пшеницы	34	20 снизу	растяжную	растяжимую	автора
Демидов и Ицкович	Тепловое исследование кондиционера Бюлера	43	1 сверху	Влажность зерна (в ц)	Влажность зерна (в %)	автора
Демидов и Ицкович	Тепловое исследование кондиционера Бюлера	44	8 снизу	по Vd диагр.	по Jd диагр.	
Демидов и Ицкович	Тепловое исследование кондиционера Бюлера	54	12 снизу	большой его производительности	при большой его производительности	автора
Озолин	Пигменты зерна и метод определения качества муки по окраске щелочных вытяжек	62	Табл. 2	этиловый спирт (в °) едкий калий	едкий калий этиловый спирт (в °)	
Дмитриев и Демковский	Об определении выходов муки по крахмалу	73	3 сверху	осуществить	существовать	автора
Дмитриев и Демковский	Об определении выходов муки по крахмалу	73	Табл. 1	50,60	50—60	автора
Дмитриев и Демковский	Об определении выходов муки по крахмалу	76	2 сверху по 6	[d], D	[d], D	автора
Дмитриев и Демковский	Об определении выходов муки по крахмалу	78	Табл. 4	$A=100(2-P)$	$A=100\left(2-\frac{P}{J}\right)$	автора
Дмитриев и Демковский	Об определении выходов муки по крахмалу	84	24 снизу	Киоптаан	Коопмаан	типогр.
Дмитриев и Демковский	Об определении выходов муки по крахмалу	84	13 снизу	Куазен	Вуазен	автора
Ильченко, Уголик, Ярошевский	Качающийся транспортер	104	8 сверху	Сек-1	$\frac{1}{сек}$	автора
Ильченко, Уголик, Ярошевский	Качающийся транспортер	104	4 снизу	100 tg	1000 tg	корректора
Ильченко, Уголик, Ярошевский	Качающийся транспортер	105	2 сверху	100 tg	1000 tg	корректора
Ильченко, Уголик, Ярошевский	Качающийся транспортер	106	18 сверху	Этот дефект	Этот эффект	автора

Тепловая обработка и сушка муки

Кроме нагревания, применяемого при обычной сушке зерна, в мельничную практику в последние годы вводится искусственная тепловая обработка муки, которая наряду с химической обработкой получила некоторое распространение в отдельных государствах Европы и Америки.

Тепловая обработка была введена в практику на некоторых мельницах в Англии Kent-Yones (1) в 1928 г. Связанные с тепловой обработкой и сушкой зерна и муки вопросы как в теоретическом, так и в практическом отношении полностью еще не разрешены. Имеется целый ряд противоречивых данных как в отношении способов обработки, так и получаемого при этом эффекта. Сущность происходящих при этом изменений в муке не вполне установлена.

Приводим из имеющихся по этим вопросам литературных данных наиболее важные:

Grasham (4) отмечает, что пшеницу можно нагревать до 60° без влияния на ее качество.

Jago Wm. и Jago N. C. (1911) (5) находят, что клейковина при этом разрушается и пшеница становится негодной. Осторожное нагревание повышает водопоглощательную способность пшеницы.

Sox J. H. (1916) (6) указывает, что высушивание пшеницы в течение часа при 60°, понижая влажность с 16,3% до 12,9%, не ухудшает ее размольных и пекарных качеств.

Bifchard (4) установил, что при сушке пшеницы в течение двух часов нагретым воздухом при 65° ухудшения хлебопекарных качеств не наблюдается. Высушивание пшеницы в течение трех часов при различных температурах и с различным содержанием влажности показало, что предел безопасной температуры сушки зависит от влажности. Так, при влажности в 14% она составляет около 80°, а при влажности в 17%—около 70°.

Sutherland (1917) (7) предлагает для улучшения пекарных качеств попеременно нагревать и охлаждать пшеницу. Лучшие результаты, по его утверждению, получаются при нагревании на 60° и охлаждении на —5°С при 6-кратном повторении процесса.

Kent-Yones и Woodlands (1923) (8) предлагают нагревать пшеницу более короткое время, чем то, которое необходимо, чтобы клейковина стала невымываемой. Они устанавливают температуру и время нагревания для получения максимального улучшения хлебопекарных свойств. Более длительное нагревание и высокие температуры ведут к порче пшеницы.

Они же (1924) (8) предлагают нагревать муку, применяя так же, как и при нагревании пшеницы, более короткое время, чем это необходимо для того, чтобы клейковина стала невымываемой, и устанавливают наилучшие условия нагревания в пределах от 50° в течение 96 час. и до 82° в течение 25 мин. На основании этих данных ими со-

ставлена диаграмма, дающая представление о зависимости между временем и температурой нагревания и качеством получаемой муки (рис. 1).

На этой диаграмме даются три зоны: зона *A* — когда улучшения не наблюдаются, зона *B* — наблюдаются улучшения и зона *C* — когда мука портится.

Hutchison (1924) ⁽⁹⁾ предлагает пшеницу или муку нагревать при 80° до тех пор, пока клейковина станет невымываемой, и такую муку в количестве 15% смешивать с необработанной мукой с целью улучшения качества последней.

Kent-Yones и Woodlands ⁽⁸⁾ предлагают для улучшения качества муки прибавлять к ней в небольшом количестве (до 1%) перегретую муку в качестве улучшителя, так называемую „муку Кент-Джонса“, которая готовится нагреванием муки при 82° в течение 12 час. Мука при таких условиях обработки портится, но, будучи прибавлена к обыкновенной, по мнению Kent-Yones, улучшает ее хлебопекарные качества, тесто становится плотнее и эластичнее, наблюдается увеличение вязкости мучных суспензий и водопоглотительной силы муки, что связано с изменением коллоидных свойств клейковины. Диастатическая активность резко снижается лишь при нагревании до высоких температур. Основной причиной улучшения качества муки, по мнению Kent-Yones, является изменение коллоидных свойств белков клейковины.

Neumann ⁽²⁾ указывает, что при высушивании муки теплым воздухом с температурой 80°—120° при нагревании самой муки не выше 46° пористость мякиша становится более мелкой, объем же хлеба уменьшается. Температуры свыше 50° опасны.

Dunst считает, что сушка муки в разреженном воздухе не влияет на хлебопекарные свойства муки.

Berliner и Rüter (1928) ⁽¹⁰⁾ исследовали метод Kent-Yones и нашли, что прибавление перегретой муки до 1% и в других количествах к обыкновенной муке в большинстве случаев дало отрицательные результаты и не могут быть сравнимы с химическими улучшителями. Кроме того ими подробно было изучено поведение клейковины, нагреваемой в разное время, в зависимости от содержания в ней воды. Продолжительное нагревание до 60° уплотняло слабую клейковину, не оказывая влияния на ее выход; при 70° она становилась плотной, но вымываемой и, наконец, при 85° становилась невымываемой. Вымываемость кроме того зависит от влажности муки. Происходящая при нагревании муки коагуляция препятствует вымыванию клейковины. Сухая мука устойчива и вымывается, если даже ее нагревать в течение 15 час. при 105°. Вязкость обычной муки более низкая, чем нагретой.

Herd (1931) ⁽¹¹⁾ подтверждает данные предыдущих авторов о коагуляции белков и о замедлении процесса в сухой муке; кроме того он отмечает падение активности диастаза и каталазы от нагревания даже в обезвоженной муке с влажностью 4,5%.

Geddes (1930) ⁽⁴⁾ в своих работах в основном подтверждает данные предыдущих авторов об увеличении упругости теста из муки, нагретой при 60°, увеличения же объема хлеба при этом не наблюдает. Перегревание муки ведет к резкому падению объема хлеба. Содержание воды в муке оказывает большое влияние на изменение хлебопекарных качеств муки. Исследования в этом направлении были проведены им путем нагревания муки при разных температурах, причем оказалось, что повышение температуры и увеличение влаги в муке при 3-часовом нагревании резко понижают хлебопекарные качества муки. Обработанная теплом мука, по его данным, хуже выдерживает продолжительное брожение, что противоречит данным Kent-Yones.

Он указывает, что реакции, вызываемые в муке нагреванием, те же, что и реакции, вызываемые прибавлением бромата, а именно: реакции окисления. Нагретая мука перестает реагировать на бромат. Улучшение пекарных качеств вследствие нагревания, по мнению Geddes, заключается в окислении фосфатидов, которые положительно действуют на клейковину. Само же нагревание ухудшает качество клейковины.

Экспериментальная часть

Учитывая литературные и практические данные, касающиеся тепловой обработки и сушки зерна и муки, а также ограниченный объем настоящей работы, автор провел исследование при следующих условиях и способах тепловой обработки муки:

1) испытание муки производилось после 40-дневной отлежки муки, чтобы по возможности избежать влияния „созревания“ на изменения качества муки;

2) для исследования влияния находящейся в муке воды нагревание велось как в плотно закрытом, так и открытом сосуде, в последнем случае с высушиванием муки;

3) проверка действия перегретой муки как улучшителя качества нормальной муки не производилась;

4) для изучения влияния нагревания на разные сорта муки испытания велись на трех сортах муки с содержанием зольности в 0,61%, 1,25% и 1,44%;

5) мука нагревалась при температурах, наиболее часто применяемых на практике, а именно: при 60°, 70° и 80° в течение одного и двух часов;

6) характеристика качества муки состояла в исследовании биохимических изменений и изменений хлебопекарных свойств муки, обусловленных нагреванием. Мука нагревалась в электрическом сушильном шкафу, колебание температуры которого не превышало $\pm 1^\circ$, в плотно закрывающейся притертой пробкой банке, причем для измерения температуры муки внутрь банки ставился термометр. При сушке мука рассыпалась тонким слоем. Во всех случаях учитывалась температура муки и окружающего воздуха. Температура воздуха всегда была несколько выше температуры муки.

Для биохимической характеристики процесса нагревания муки были выбраны следующие показатели: 1) влажность; 2) зольность; 3) общее содержание азотистых веществ; 4) клейковина сырая и сухая и ее качество; 5) общий воднорастворимый азот; 6) кислотность по водной вытяжке и 7) диастатическая активность.

Эти показатели в известной мере характеризуют качество исследуемых образцов муки и отражают изменения, происходящие при нагревании в белковой и углеводной части муки, и связанные с нагреванием ферментативные процессы.

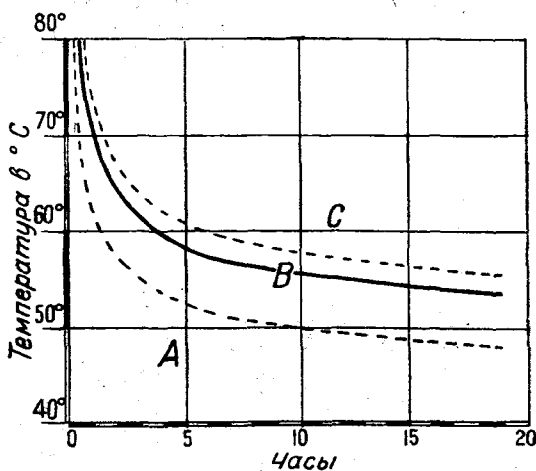


Рис. 1. Диаграмма по Кент-Джонсу

Для характеристики хлебопекарных свойств муки была проведена пробная выпечка по методу Всесоюзного института растениеводства без прибавления бромата и с прибавлением его.

Для оценки пекарных качеств муки были взяты следующие показатели: 1) время брожения теста; 2) водопоглотительная способность муки; 3) припек; 4) объем хлеба в см^3 из 100 г муки; 5) пористость и 6) цвет мякиша.

1. Материал исследования

Для исследования тепловой обработки была взята мука трех сортов с разной зольностью, которые обозначены, как 1, 2 и 3-й сорта.

Для получения первых двух сортов муки (1 и 2-го сортов) послужила озимая крахмалистая пшеница рядовая урожая 1934 г. Херсонского района, Одесской области (тип IV, подтип II).

Пшеница имела такие показатели: 1) натура—765 г; 2) вес 1000 зерен—32,5 г; 3) стекловидность—50%, причем стекловидных зерен—30%, полутвердых—40% и мучнистых 30%; 4) цвет—красный; 5) сорт—полутвердая; 6) влажность—12,5%; 7) зольность—2,13%.

Помол зерна был произведен на учебной мельнице Одесского института технологии зерна и муки в ноябре 1935 г. Помол пшеницы 75%-ной двухсортный с общим выходом 78%.

Получена была мука:

1-го сорта (0—34,3%) с зольностью 0,61% и 2-го сорта (34,3—75,4%) с зольностью 1,25%.

Эти два сорта муки подверглись исследованию.

В качестве третьего образца (3-го сорта) была взята товарная мука Одесской области с зольностью 1,44%.

2. Методика определений

1. Влажность. Влажность определялась высушиванием 5 г муки в электрическом сушильном шкафу при температуре 130° в течение одного часа.

2. Зольность. Зольность определялась сжиганием 5 г муки в муфельной печи до постоянного веса.

3. Азотистые вещества. Общий азот определялся по методу Кьельдаля с применением в качестве ускорителя 0,5 г CuSO_4 и 5 г K_2SO_4 . Для пересчета был принят коэффициент 6,25.

4. Общий воднорастворимый азот. Растворимый азот определялся в водной вытяжке, полученной настаиванием 20 г муки в 400 см^3 воды в течение 2 час. в присутствии толуола при комнатной температуре. Определение производилось по методу Кьельдаля.

5. Клейковина. Клейковина сырая и сухая определялась согласно общесоюзному стандарту $\frac{\text{ОСТ}}{\text{ВКС}}$ 6292.

6. Кислотность общая. Кислотность определялась по водной вытяжке, полученной настаиванием 20 г муки в 200 см^3 кипяченой воды в течение 10 мин. при 40° и 1 час. при комнатной температуре. Для титрования бралось 50 см^3 фильтрата.

7. Диастатическая активность. Диастатическая активность определялась по методу, разработанному ВНИИЗ в Москве (по Рамзаю).

8. Сухой остаток. Сухой остаток определялся из вытяжки, полученной настаиванием 20 г муки в 200 см^3 воды при 10° в течение

40 мин.; 20 см³ фильтрата выпаривалось на водяной бане и сушилось при 100° в течение 0,5 часа.

9. Пробная выпечка. Пробная выпечка проводилась по методу ВИР по такой рецептуре: 366 г сухого вещества муки, 4,5% сахара, 3% дрожжей и 1,5% соли, вода по поглощению. При броматном методе выпечки добавлялось к муке 0,001% KBrO₃.

3. Исследования биохимических изменений и хлебопекарных свойств муки

Результаты исследования биохимических изменений и хлебопекарных свойств муки, подвергавшейся нагреванию, приведены для муки 1-го сорта в табл. 1 и 2, для муки 2-го сорта — в табл. 3 и 4 и для муки 3-го сорта — в табл. 5 и 6.

В табл. 1, 3 и 5 приведены биохимические и физические изменения для муки 1, 2 и 3-го сортов.

1. Влажность (3-й столбец). В образцах муки, подвергавшихся нагреванию в закрытом сосуде, влажность в отдельных образцах несколько снизилась: для 1-го сорта до 2%; для 2-го сорта до 1,1% и для 3-го сорта до 0,6%, а в нагретых в открытом сосуде для 1-го сорта от 7,2% до 10,2%; для 2-го сорта от 7,0% до 9,7% и для 3-го сорта от 7,9% до 9,2%.

2. Зольность (4-й столбец). Данные зольности приведены лишь для характеристики муки.

3. Азотистые вещества (5-й столбец); данные приведены для характеристики муки.

Общее количество азота от нагревания не меняется.

4. Клейковина (6 и 7-й столбцы). Количество сырой и сухой клейковины в нагретых образцах составляет в среднем в муке 1-го сорта 35,6% сырой и 12,9% сухой клейковины против 35,7% сырой и 13,1% сухой в необработанной муке. Более высокие температуры и более продолжительное время нагревания показали незначительное снижение процента клейковины, в среднем на 5%. В муке 2-го сорта 35,5% сырой и 12,9% сухой клейковины против 36,9% сырой и 12,9% сухой в необработанной муке, что составляет понижение количества сырой клейковины в среднем на 4%. Количество сухой клейковины осталось в общем без изменений. В муке 3-го сорта — 34,5% сырой и 12,8% сухой клейковины против 37,8% сырой и 13,7% сухой в необработанной муке, что составляет понижение количества сырой клейковины в среднем на 8,5%.

Отношение сырой клейковины к сухой (6-й столбец) не показывает ни в одном сорте муки характерных изменений.

Качество клейковины во всех сортах муки от нагревания изменяется, причем характер этих изменений во всех случаях один и тот же. Получаемое при замачивании тесто, а также отмытая клейковина из нагретой и ненагретой муки заметно отличаются по своим свойствам. Повышение температуры и времени нагревания усиливает происходящие при этом изменения клейковины.

Тесто, получаемое при замешивании обработанной теплом муки, становится глинообразным, менее упругим и при отмывании делится на мелкие кусочки.

Клейковина из нагретой муки в отличие от ненагретой получается в начале отмывания в виде маленьких кусочков, плохо склеивающихся между собою, которые по мере отмывания начинают склеиваться и в конце отмывания клейковина получается в виде губкообразного кусочка, мало эластичного, коротко рвущегося и неупругого. После лежания в течение 30—45 мин. клейковина становится

Таблица 1

Состав муки 1-го сорта при разных условиях тепловой обработки

№	Обработка	Влажность (в %)	Зольность (в %)	Азотистые вещества N X 6,25	Клейковина (в %)			Качество клейковины	Воднорастворимый остаток (в %)	Общий воднорастворимый азот (в %)	Кислотность (в %)	Липидная активность на 10 г муки
					Сырая	Сухая	Отношение к сухой					
3	На сухое вещество	13,9	0,61	12,3	35,7	13,1	2,72	Эластичная упругая	6,0	0,32	1,4	215
6	Нагретая в закрытом сосуде	13,5	0,61	12,3	36,3	12,7	2,86	Менее эластичная, короткопружинистая, неупругая. После лежания 30—45 мин. становится более эластичной и тягучей	5,4	0,30	1,3	203
4	При 60° в течение 1 часа	13,3	0,61	12,3	35,6	12,8	2,78		5,4	0,30	1,4	206
8	" 60° " 2 час.	13,3	0,61	12,3	35,8	13,5	2,64		5,7	0,29	1,3	216
11	" 70° " 1 часа	13,0	0,61	12,3	33,5	12,8	2,60		5,7	0,33	1,4	196
10	" 80° " 2 час.	12,8	0,61	12,3	34,9	12,5	2,78		5,5	0,28	1,4	232
25	Нагретая в открытом сосуде (сушка)	6,7	0,61	12,3	35,0	12,8	2,73	Менее эластичная, короткопружинистая, неупругая. После лежания 30—45 мин. становится более эластичной и тягучей	5,5	0,30	1,4	208
26	При 60° в течение 1 часа	3,7	0,61	12,3	35,5	12,7	2,79		5,6	0,29	1,4	210
19	" 60° " 2 час.	5,6	0,61	12,3	32,5	11,5	2,77		5,5	0,30	1,6	226
20	" 70° " 1 часа	5,8	0,61	12,3	34,2	11,6	2,95		5,5	0,30	1,4	225
29	" 80° " 2 час.	6,5	0,61	12,3	34,7	12,8	2,74		5,5	0,31	1,4	215

Таблица 2

Хлебопекарные качества муки и сорта при разных условиях тепловой обработки

№	Обработка	Вязкость	Способ выпечки	Время испек- тия (в мин.)	Водопогло- титель- ная способ- ность (в %)		Припек (в %)		Съем хлеба (в см³) из 100 г муки		Пористость по шкале	Цвет мякиши по шкале
					Всего	Измен.	Всего	Измен.	Всего	Измен.		
3	Необработанная	13,9	Основной	230	55	—	38	—	460	—	75	75
3	"	13,9	Броматный	230	55	0	40	+ 5,3	548	+ 19,0	75	75
6	При 60° в течение 1 часа	13,5	Основной	220	57	3,6	43	+ 13,2	516	+ 12,1	70	70
4	" 60° " 2 час.	13,3	"	225	56	1,9	41	+ 7,9	497	+ 8,0	75	75
8	" 70° " 1 часа	13,8	"	240	58	5,5	42	+ 10,5	480	+ 4,4	70	75
11	" 70° " 2 час.	13,0	"	235	63	14,5	46	+ 21,0	475	+ 3,2	70	75
10	" 80° " 1 часа	12,8	"	225	58	5,5	39	+ 2,7	454	+ 1,3	75	75
25	Нагретая в открытом сосуде											
26	При 60° в течение 1 часа	6,7	Основной	215	64	16,3	42	+ 10,5	495	+ 7,6	75	75
19	" 60° " 2 час.	3,1	"	205	65	18,2	44	+ 15,7	482	+ 4,8	80	80
20	" 70° " 1 часа	5,6	"	215	63	14,5	44,5	+ 17,1	468	+ 1,8	75	80
20	" 70° " 2 час.	5,8	"	230	61	10,9	41	+ 7,9	435	+ 6,5	70	70
29	" 80° " 1 часа	5,5	"	225	57	3,6	40	+ 5,3	445	+ 3,3	75	75

Таблица 3

Состав муки 2-го сорта при разных условиях тепловой обработки

№	Обработка	Влажность (в %)	Зольность (в %)	Азотистые вещества N X 6,25	Клейковина (в %)			Качество клейковины	Водорастворимый сухой остаток (в %)	Общий водорастворимый азот (в %)	Кислотность (в °)	Династическая активность на 10 ² муки
					Сырая	Сухая	Отношение сырой к сухой					
1	На сухое вещество	13,9	1,25	13,25	36,9	12,9	2,86	Эластичная упругая	7,3	0,33	3,4	270
5	Нагретая в закрытом сосуде	13,7	1,25	13,25	35,4	12,7	2,78	Менее эластичная, короткорушась, неупругая. После лежания 30—45 мин. становится более эластичной и тягучей	6,8	0,31	2,7	208
2	При 60° в течение 1 часа	13,6	1,25	13,25	35,8	13,0	2,75		6,8	0,33	2,5	255
30	" " 1 часа	13,4	1,25	13,25	36,0	13,3	2,70		6,9	0,32	2,8	260
31	" " 2 часа	13,0	1,25	13,25	35,3	12,9	2,71		6,9	0,32	2,8	255
9	" " 80° " 1 часа	12,8	1,25	13,25	35,1	13,5	2,60		7,0	0,31	2,7	244
27	Нагретая в открытом сосуде	6,0	1,25	13,25	35,6	12,8	2,77	Менее эластичная, короткорушась, неупругая. После лежания 30—45 мин. становится более эластичной и тягучей	6,9	0,32	2,9	255
28	При 60° в течение 1 часа	4,8	1,25	13,25	35,8	13,0	2,75		6,8	0,32	3,0	249
22	" " 1 часа	4,2	1,25	13,25	36,8	13,6	2,70		6,8	0,33	3,1	202
21	" " 2 часа	6,0	1,25	13,25	33,5	12,8	2,75		6,7	0,33	3,3	256
7	" " 80° " 1 часа	6,0	1,25	13,25	35,0	12,7	2,75		6,8	0,33	3,1	246

Таблица 4

Хлебопекарные качества муки 2-го сорта при разных условиях тепловой обработки

№	Обработка	Влажность	Способ выпечки	Время всего брожения (в мин.)	Водопоглощительная способность (в %)		Припек (в %)		Объем хлеба (в см³) из 100 г муки		Пористость по 100-балльной шкале	Цвет мякоти по 10-балльной шкале
					Всего	Измен.	Всего	Измен.	Всего	Измен.		
1	Необработанная	13,9	Основной	225	57	—	40	—	454	—	60	7
1	"	13,9	Броматный	235	57	0	43	+ 7,5	500	+ 10,1	65	8
Нагретая в закрытом сосуде												
5	При 60° в течение 1 часа	13,7	Основной	220	58	+ 1,7	41	+ 2,5	505	+ 11,2	60	8
2	" 60° " 2 часа	13,5	"	220	58	+ 1,7	41	+ 2,5	497	+ 9,5	60	8
30	" 70° " 1 часа	13,4	"	225	60	+ 5,3	43	+ 7,5	485	+ 7,0	60	7
31	" 70° " 2 часа	13,0	"	225	61	+ 7,0	44	+ 10,0	463	+ 2,0	60	7
9	" 80° " 1 часа	12,8	—	230	63	+ 10,5	46,5	+ 16,3	506	+ 11,5	65	8
Нагретая в открытом сосуде (сушка)												
27	При 60° в течение 1 часа	6,0	Основной	225	58	+ 1,7	41	+ 2,5	460	+ 2,3	55	7
28	" 60° " 2 часа	4,8	"	230	60	+ 5,3	41	+ 2,5	440	+ 3,1	55	7
22	" 70° " 1 часа	4,2	"	220	65	+ 14,0	51	+ 27,5	460	+ 1,1	55	7
21	" 70° " 2 часа	6,0	"	225	62	+ 8,7	48	+ 20,0	454	+ 0	55	7
7	" 80° " 1 часа	6,0	"	210	58	+ 1,7	42,5	+ 6,1	454	+ 0	60	7

Таблица 5

Состав муки 3-го сорта при разных условиях тепловой обработки

№	Обработка	Влажность (в %)	Зольность (в %)	Азотистых веществ N X 6,25	Клейковина (в %)			Качество клейковины	Водорастворимый сухой остаток (в %)	Общий водорастворимый азот (в %)	Кислотность (в °)	Липидная активность на 10 ² муки
					Сырая	Сухая	Отношение сырой к сухой					
13	На сухое вещество											
	Необработанная	13,4	1,44	13,59	37,8	13,7	2,76	Эластичная упругая, плотная	8,7	0,40	4,3	190
	Нагретая в закрытом сосуде											
23	При 60° в течение 1 часа	13,0	1,44	13,59	35,0	13,1	2,67	Менее эластичная, короткопружинающаяся, неупругая. После лежания 30—45 мин. становится более эластичной и тягучей	8,5	0,40	3,5	175
24	" 60° " 2 часа	12,8	1,44	13,59	35,8	13,0	2,76		8,5	0,40	3,4	160
18	" 70° " 1 часа	13,1	1,44	13,59	36,3	13,3	2,73		8,6	0,39	3,5	160
32	" 70° " 2 часа	13,0	1,44	13,59	35,8	12,9	2,78		8,6	0,40	3,5	180
17	" 80° " 1 часа	13,0	1,44	13,59	33,0	12,0	2,75		8,5	0,39	2,9	150
	Нагретая в открытом сосуде (сушка)											
33	При 60° в течение 1 часа	5,5	1,44	13,59	35,5	13,0	2,73		8,5	0,40	3,4	180
12	" 60° " 2 часа	4,2	1,44	13,59	33,1	12,7	2,60		8,5	0,41	3,3	180
16	" 70° " 1 часа	4,2	1,44	13,59	32,8	11,9	2,67		8,4	0,40	3,1	175
15	" 70° " 2 часа	4,4	1,44	13,59	34,1	13,3	2,56		8,6	0,43	3,2	184
34	" 80° " 1 часа	5,5	1,44	13,59	34,5	13,0	2,65		8,5	0,40	3,2	170

Таблица 6

Хлебопекарные качества муки 3-го сорта при разных условиях тепловой обработки

№	Обработка	Влажность	Способ выпечки	Время всего брожения (в мин.)	Водопоглодательная способность (в %)		Припек (в %)		Объем хлеба (в см³) из 100 г муки		Пористость по 100-балльной шкале	Цвет мякиши по 10-балльной шкале
					Всего	Измен.	Всего	Измен.	Всего	Измен.		
13	Необработанная	13,4	Основной	175	63	—	48	—	416	—	60	6
13	"	13,4	Броматный	175	63	0	49	+2,1	416	0	65	6
23	Нагретая в закрытом сосуде	13,0	Основной	175	63	0	48	0	419	+0,7	70	6
24	При 60° в течение 1 часа	12,8	"	170	63	0	48	0	405	—2,6	70	6
18	" 60° " 2 час.	13,1	"	195	63	0	49	+2,1	404	—2,8	75	6
32	" 70° " 1 часа	13,0	"	180	63	0	48	0	400	—3,8	70	6
17	" 70° " 2 час.	13,0	"	180	63	0	47,5	—1,0	391	—6,0	70	6
17	" 80° " 1 часа	13,0	Броматный	180	63	0	47,5	—1,0	394	—5,3	70	6
17	То же	13,0	Броматный	180	63	0	47,5	—1,0	394	—5,3	70	6
33	Нагретая в открытом сосуде (сушка)	5,5	Основной	175	64	+1,5	50	+4,0	418	+0,5	70	6
12	При 60° в течение 1 часа	4,2	"	185	63	0	49	+2,1	405	—2,6	70	6
16	" 60° " 2 час.	4,2	"	185	63	0	49,5	+3,1	410	—1,4	75	6
15	" 70° " 1 часа	4,4	"	165	67	+6,3	52	+8,3	375	—9,9	70	6
15	" 70° " 2 час.	4,4	"	170	67	+6,3	52	+8,3	399	—4,1	70	6
34	То же	4,4	Броматный	185	63	0	49	+2,1	395	—5,9	75	6
34	При 80° в течение 1 часа	4,4	Основной	185	63	0	49	+2,1	395	—5,9	75	6

более эластичной и тягучей, приближаясь по качеству к клейковине ненагретой муки.

5. Воднорастворимый сухой остаток (8-й столбец). Наблюдается лишь незначительное уменьшение количеств растворимых в воде веществ в нагретых образцах, в среднем:

В муке 1-го сорта 5,5 % против 6,0% в ненагретом образце;

В муке 2-го сорта 6,85% против 7,3% в ненагретом образце;

В муке 3-го сорта 8,55% против 8,7% в ненагретом образце.

Понижение количества сухого остатка может быть частично объяснено коагуляцией воднорастворимых белковых веществ.

6. Растворимый азот (9-й столбец). Значительных изменений в содержании растворимого азота от нагревания не наблюдается; в среднем в муке 1-го сорта—0,29%, против 0,32% в необработанной, в муке 2-го сорта—0,32% против 0,33% в необработанной и в муке 3-го сорта—0,4, такое же процентное содержание, как и в необработанной муке.

В начале нагревания деятельность протеолитических ферментов усиливается, а при более высоких температурах вследствие термолабильности ферментов подавляется. Понижение же при нагревании количества растворимых азотистых веществ происходит вследствие частичного необратимого свертывания растворимых в воде белков.

7. Кислотность общая (10-й столбец). В среднем в муке 1-го сорта кислотность обработанной муки остается в общем без изменений, в муке 2-го сорта—2,9% против 3,4% в необработанной и в муке 3-го сорта—3,3% против 4,3% в необработанной.

Наблюдается некоторая тенденция к понижению кислотности. Главным фактором, обуславливающим кислотность мучной вытяжки, являются кислые фосфаты. Очевидно имеет место подавление действия ферментов, расщепляющих фосфорсодержащие вещества.

8. Диастатическая активность. Незначительные понижения диастатической активности показали образцы муки 2 и 3-го сортов. Диастатическая активность является очень ценным показателем пекарных свойств муки, показателем газообразующей силы.

Такие понижения нельзя считать особенно значительными, и они не могут заметно отразиться на пекарных качествах муки.

Результаты хлебопекарных испытаний приведены в таблицах 2, 4 и 6.

1. Время брожения (13-й столбец). Нагревание муки не отразилось заметно на времени брожения теста.

2. Водопоглотительная способность (14-й столбец). Два первых сорта нагретой муки показали во всех случаях увеличение водопоглотительной способности, в среднем мука 1-го сорта—на 9,5% (от 1,9% до 18,2%), а мука 2-го сорта—на 5,8% (от 1,7% до 14,0%), мука же 3-го сорта изменений не показала.

3. Припек (15-й столбец). Во всех случаях наблюдается заметное увеличение припека хлеба, особенно выпеченного из муки первых сортов. Так как мука 1-го сорта дала увеличение в среднем на 11,2% (от 2,7 до 21%), мука 2-го сорта—на 9,7% (от 2,5 до 27,5%), мука 3-го сорта показала более значительный припек в муке высушенной в среднем на 3,8% (от 2,1 до 8,3%).

4. Объем хлеба (16-й столбец). Броматная выпечка показала увеличение объема хлеба: для муки 1-го сорта на 19%, для муки 2-го сорта — на 7,5% и в муке 3-го сорта объем хлеба не изменился. Это является характерным при сопоставлении этих данных с данными изменений объема хлеба образцов нагретой муки, согласно

которым при нагревании мука 1 и 2-го сорта дала увеличение объема хлеба, мука же 3-го сорта не изменила своего объема при выпечке.

При выпечке хлеба из нагретой муки наблюдается для муки 1-го сорта максимальное увеличение объема хлеба при нагревании муки в закрытом сосуде при 60° в течение одного часа—на 12,1%.

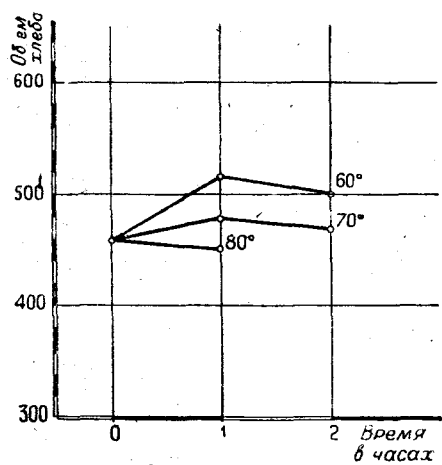


Рис. 2. Нагревание в закрытом сосуде

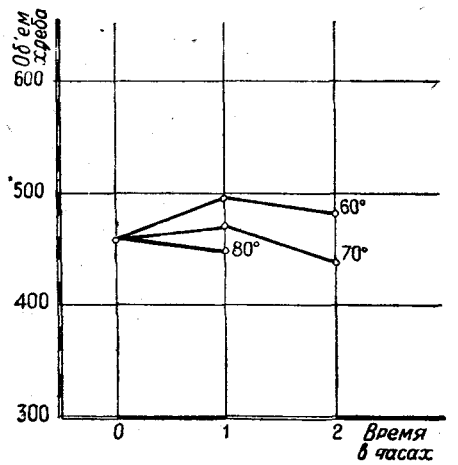


Рис. 3. Нагревание в открытом сосуде

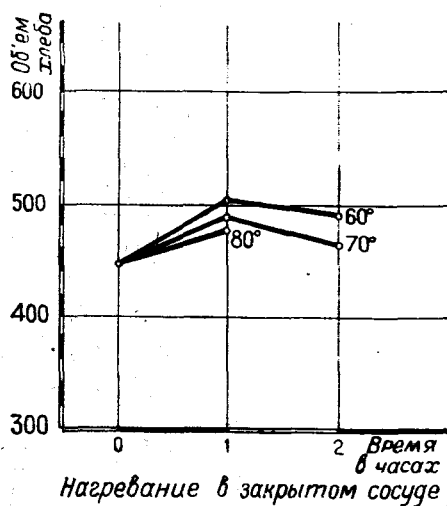


Рис. 4. Нагревание в закрытом сосуде

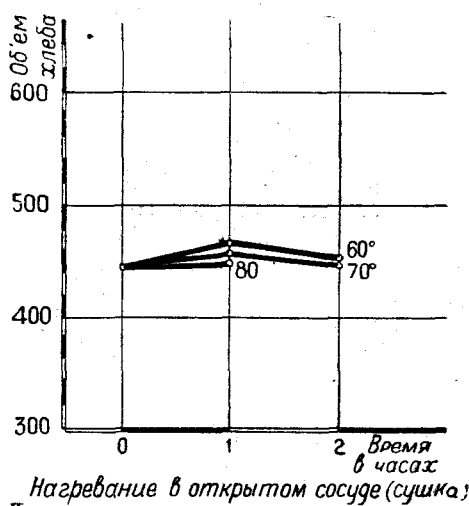


Рис. 5. Нагревание в открытом сосуде

Более длительное нагревание до двух час. и повышение температуры до 70° понижают объемный выход хлеба. При нагревании же муки до 80° в течение одного часа объем хлеба получается даже меньшим, чем в необработанной муке. Такая же зависимость наблюдается и при нагревании муки в открытом сосуде, т. е. при сушке, однако изменения объема хлеба в сторону его увеличения в этом случае получают пониженными.

Зависимость между объемом хлеба, временем нагревания и температурой показана на графиках (рис. 2 и 3).

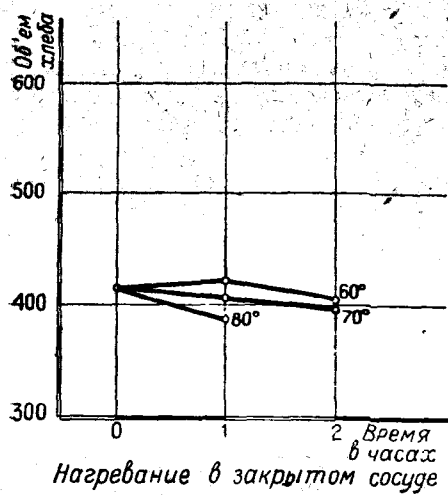


Рис. 6. Нагревание в закрытом сосуде

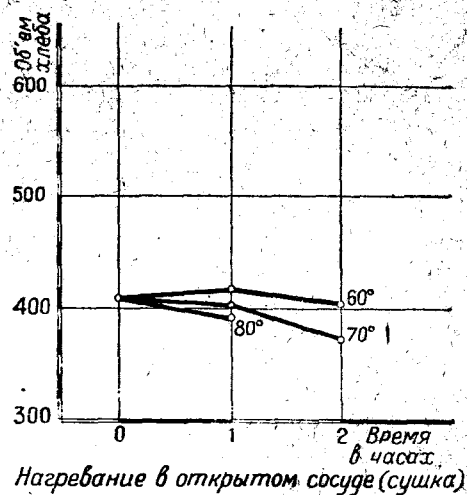


Рис. 7. Нагревание в открытом сосуде

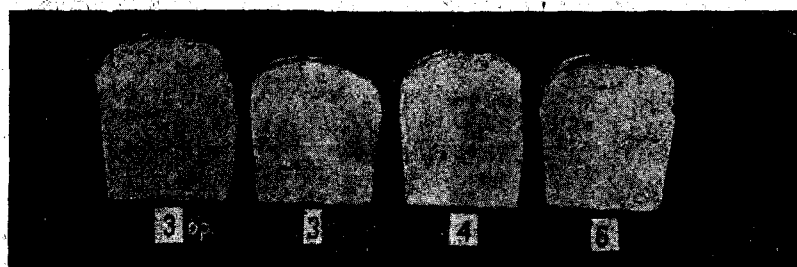


Рис. 8. Действие теплоты на муку 1-го сорта: необработанная (обр. 3), то же, броматная выпечка, при 60°—2 часа, в закрытом сосуде (обр. 4), при 60°—1 час в закрытом сосуде (обр. 6)



Рис. 9. Действие теплоты на муку 1-го сорта: 3—необработанная, 25—при 60°—1 час в открытом сосуде, 26—при 60°—2 часа в открытом сосуде

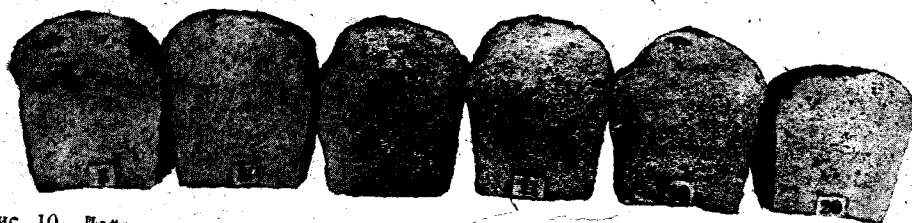


Рис. 10. Действие теплоты на муку 1-го сорта: 3—необработанная, 8—при 70°—1 час в закрытом сосуде, 10—при 80°—1 час в закрытом сосуде, 11—при 70°—2 часа в закрытом сосуде, 19—при 70°—1 час в открытом сосуде, 20—при 70°—2 часа в открытом сосуде

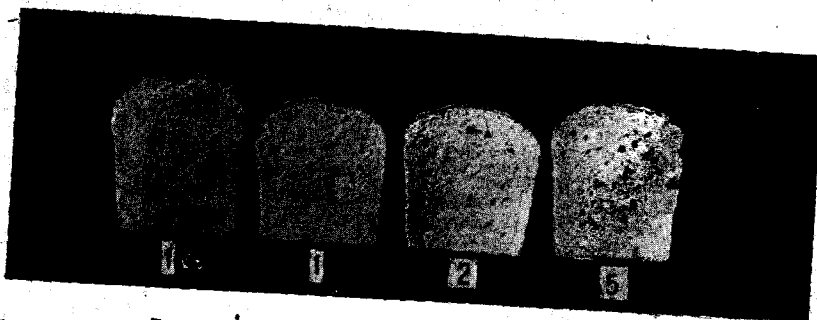


Рис. 11. Действие теплоты на муку 2-го сорта: необработанная (обр. 1); то же, броматная выпечка; при 60°—2 часа в закрытом сосуде (обр. 2), при 60°—1 час в закрытом сосуде (обр. 5)

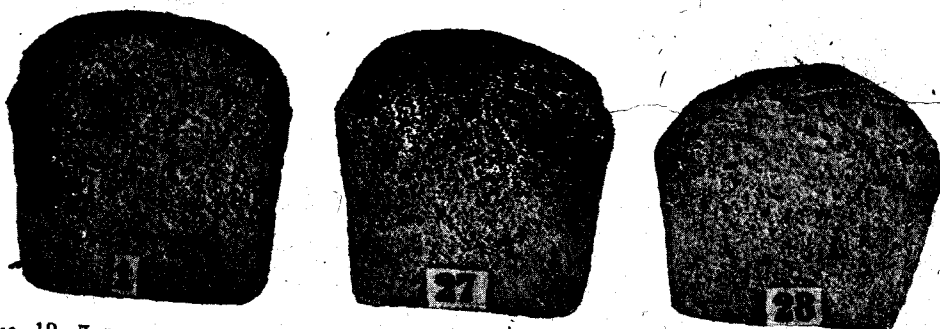


Рис. 12. Действие теплоты на муку 2-го сорта: 1—необработанная, 27—при 60°—1 час в открытом сосуде, 28—при 60°—2 часа в открытом сосуде

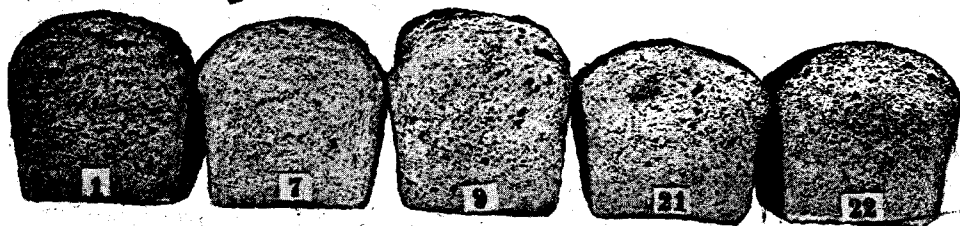


Рис. 13. Действие теплоты на муку 2-го сорта: 1—необработанная, 7—при 80°—1 час в открытом сосуде, 9—при 80°—1 час в закрытом сосуде, 21—70°—2 часа в открытом сосуде, 22—при 70°—1 час в открытом сосуде

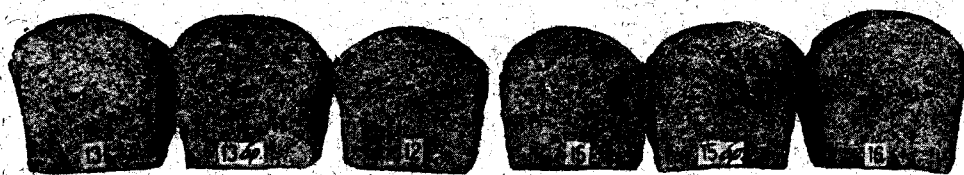


Рис. 14. Действие теплоты на муку 3-го сорта: 13—необработанная, 13 бр.—то же, броматная выпечка, 12—при 60°—2 часа в открытом сосуде, 15—при 70°—2 часа в открытом сосуде, 15 бр.—то же, броматная выпечка, 16—при 70°—2 часа в открытом сосуде



Рис. 15. Действие теплоты на муку 3-го сорта: 13—необработанная, 13 бр.—то же, броматная выпечка, 18—при 70°—1 час в закрытом сосуде, 17—при 80°—1 час в открытом сосуде, 17 бр.—то же, броматная выпечка

Для муки 2-го сорта наблюдается такая же картина, как и для муки 1-го сорта. Максимальное увеличение объема хлеба дало нагревание муки в закрытом сосуде при 60° в течение одного часа—на 11,2%. Более длительное нагревание и повышение температуры дают снижение объемного выхода хлеба. Такая же закономерность, как и в муке 1-го сорта, наблюдается и при сушке муки в открытом сосуде. Зависимость между объемом хлеба, временем нагревания и температурой показана на графиках (рис. 4 и 5).

Для муки 3-го сорта наблюдается во всех случаях кроме нагревания муки при 60° в течение одного часа понижение объема хлеба. Броматная выпечка нагретой муки не показала улучшения (образцы 15 и 17).

Зависимость между объемом хлеба, временем нагревания и температурой показана на графиках (рис. 6 и 7).

5. Пористость хлеба (17-й столбец). Пористость хлеба во всех сортах муки при обработке ее теплом получилась примерно такая же, как и в необработанной муке.

6. Цвет мякиша (18-й столбец) примерно такой же, как и в необработанной муке.

Для иллюстрации действия теплообработки и сушки муки прилагаются фотографические снимки разрезов этих хлебов. Для образцов муки 1-го сорта—рис. 8, 9 и 10, для муки 2-го сорта—рис. 11, 12 и 13 и для муки 3-го сорта—рис. 14 и 15.

Обсуждение результатов

Особо значительных и характерных биохимических изменений в результате теплообработки муки как в закрытом сосуде, так и при ее сушке при температурах в 60° и 70° в течение одного и двух часов и при 80° в течение одного часа не наблюдается. Незначительное понижение воднорастворимого сухого остатка, кислотности и в отдельных случаях диастатической активности и растворимого азота не могло заметно отразиться на хлебопекарном качестве муки.

Происходящие незначительные изменения количества клейковины в отдельных образцах не могли заметно понизить ее хлебопекарных свойств. Более значительными и характерными являются изменения коллоидных свойств клейковины, что выражается в поведении клейковины при ее получении из муки. Клейковина нагретой муки в отличие от ненагретой получается в начале отмывания в виде маленьких кусочков, плохо склеивающихся между собою, которые в конце отмывания дают клейковину короткорвущуюся и неупругую. После же ~~жарения~~ ^{нагревания} в течение 30—45 мин. качество клейковины изменяется и она становится более плотной и тягучей, приближаясь по качеству к клейковине из ненагретой муки.

Повышение температуры и времени нагревания усиливает происходящие при этом изменения физических свойств клейковины. Нагревание уменьшает способность клейковины к набуханию и уменьшает связность теста. Эти изменения оказывают влияние на процесс образования геля и схожи с процессом конденсации коллоидных веществ.

При высоких температурах в сухом состоянии белковые вещества ~~сначала~~ ^{сначала} конденсируются, а потом коагулируются. Изменение коллоидных свойств белков клейковины связано таким образом с их частичным ~~разрушением~~ ^{разрушением} и коагуляцией под действием тепла. Увеличение влажности в муке при продолжительном нагревании ведет к усилению и, наконец, к полной коагуляции белков.

Изменения коллоидных свойств клейковины следует считать одним из главнейших факторов, влияющих на изменение хлебопекарных свойств обработанной теплом муки.

Можно отметить, что лучшие сорта муки с более низкой зольностью дали лучшие результаты, что находится в некотором противоречии с данными Geddes, утверждающего, что односортная мука и низкосортные помолы улучшаются более вследствие содержания в них зародышей, причем при нагревании зародышей происходит окисление находящихся в них фосфатидов, которые и являются улучшателями качества клейковины. Само же нагревание вредно действует на клейковину.

Заключение

Результаты химических и хлебопекарных исследований трех образцов муки показали следующее:

1) нагревание некоторых сортов муки при определенных условиях улучшает хлебопекарные свойства муки, что выражается главным образом в увеличении объема хлеба. При этом увеличивается припек хлеба и сохраняются общие качества по другим показателям;

2) наилучшие результаты в отношении улучшения хлебопекарных свойств наблюдаются при нагревании муки в течение одного часа при 60° в закрытом сосуде. Увеличение времени нагревания до двух часов или повышение температуры нагревания до 70° понижает объемный выход хлеба. Нагревание при 80° в течение одного часа ведет уже к ухудшению хлебопекарных свойств муки;

3) эффект, получаемый от нагревания, зависит от свойств пшеницы и сорта муки. Химические показатели не дают каких-либо прямых указаний на связь их с хлебопекарными свойствами. Наблюдаются для некоторых сортов муки и отрицательные явления;

4) тепловая обработка муки может быть рекомендована лишь для определенных сортов пшеницы и муки, которые при нагревании улучшают свои хлебопекарные свойства. Критерием этого может служить лишь предварительная пробная выпечка муки, причем нагревание муки лучше всего вести в течение одного часа при 60° в закрытом сосуде;

5) сушка муки при 60° в течение одного часа не является опасной. Ухудшений хлебопекарных свойств при этом не наблюдается. Для проведения же сушки муки при более высоких температурах или более длительном времени нагревания необходима предварительная пробная выпечка для каждого сорта муки отдельно. Условия нагревания в зависимости от сорта и состава муки разное влияют на ее качество;

6) значительной разницы в получаемых результатах при нагревании муки в закрытом сосуде и при высушивании при 60° до 80° в течение от одного до двух часов не наблюдается;

7) одним из основных факторов, влияющим при нагревании на изменение хлебопекарных свойств муки, следует считать действие теплоты на клейковину. Нагревание влечет за собой изменения коллоидных свойств белков клейковины, которые при этом сперва конденсируются, а потом частично коагулируют. Белки при этом уплотняются, уменьшают способность клейковины к набуханию и уменьшают связность теста. При стоянии нагретая клейковина становится более плотной и тягучей и приобретает новые в сравнении с ненагретой мукой свойства. Результаты нагревания зависят от первоначальных свойств клейковины.

Перегревание влечет за собой ухудшение хлебопекарных свойств муки.

ЛИТЕРАТУРА

1. D. W. Kent-Yones, Modern Cereal Chemistry, 1927 г.
2. M. P. Neumann, Brotgetreide und Brot, 1929 г.
3. C. H. Bailey, The Chemistry of wheat flour, 1925 г.
4. W. F. Geddes, „Американская пищевая промышленность“, № 12, 14 и 19. 1930 г.
5. Wm. Jago и N. C. Jago (1911), The technology of bread making. Bachers Helpe Company. Chicago.
6. J. N. Cox, The drying for milling purposes of damp and garlicky wheat. U. S. Dept. Agr., 1916 г.
7. Sutherland, Brit. Pat. 115—410, 1918.
8. Kent-Yones и Woodlands, Brit. Pat.—228, 830; Brit. Pat — 223, 841. 1923 г.
9. Hutchison, Brit. Pat.—223, 829, 1924.
10. E. Berliner и K. Rüter, Die Wirkung der Hitze auf Mehl Z. f. ges. Mühlenwesen, H. 12, 1928 г.
11. G. W. Herd, Effects of heat on flour proteins. Cer. Chem. № 1, 1931 г.

Дойц. П. Г. Демидов

Кондиционирование твердой пшеницы¹

Первые опыты, произведенные нами по изучению процесса кондиционирования зерна в лабораторных условиях, были закончены в 1934 г. Кондиционированию подвергались два сорта украинских пшениц: „Кооператорка“ и „Украинка“². Результаты работы были переданы Главмуже, так как работа эта производилась по ее заданию. Настоящая работа является продолжением изучения процесса кондиционирования и представляет собою результаты, полученные при кондиционировании твердой пшеницы типа Тг. durum.

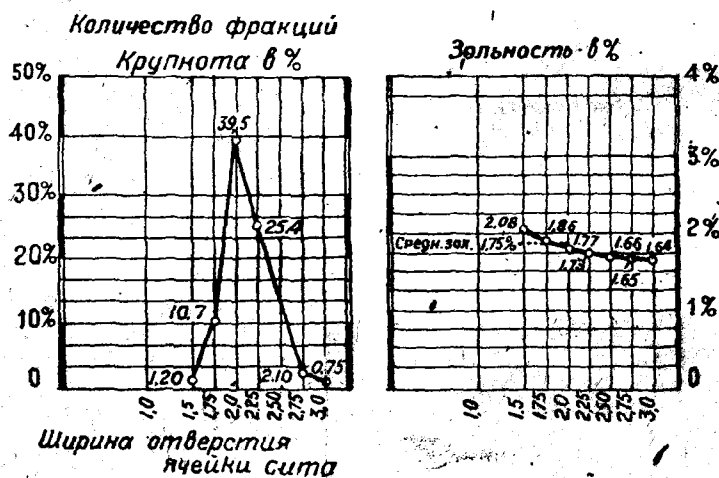


Рис. 1

Целевой задачей исследования являлось:

1) изучение влияния процесса кондиционирования на изменение мукомольных и хлебопекарных свойств зерна при различных способах и режимах кондиционирования;

2) на основании полученных результатов выявить, при каких условиях кондиционирования получают наиболее положительные результаты в отношении изменения мукомольных и хлебопекарных свойств для данного сорта пшеницы.

Кондиционированию подвергалась яровая твердая пшеница „Арн-утка“ Одесской области урожая 1934 г. Качественные показатели зерна следующие: 1) влажность — 11,4%; 2) зольность — 1,75%; 3) натура — 782 г/л.

¹ В работе принимали участие: инж. П. Н. Рекайкин, инж. А. А. Иванов, лаборант М. Ив. Якубовский.

Химическая часть работы выполнена совместно с доцентом Б. С. Дмитриевым.

² См. статью в этом же сборнике.

Крупнота зерна как сыпучей массы, а также содержание зольности в зависимости от крупности зерна характеризуются диаграммой (рис. 1).

Как видно из диаграммы, с уменьшением степени крупноты зерна содержание зольности резко возрастает. Мелкое зерно отличается от крупного не только высокой зольностью, но и большей загрязненностью поверхности минеральной пылью, и микроорганизмами.

Вопрос об отделении фракции мелкого зерна в схеме современной мельницы сортового помола заслуживает большого внимания, так

как наличие значительного количества мелкого зерна отрицательно повлияет на качество и выхода муки, особенно высоких сортов.

Мелкую пшеницу (проход ячейки сита $\varnothing 2$ мм) необходимо перерабатывать отдельно.

Зерно кондиционировалось двумя способами: холодным и горячим. Методика холодного кондиционирования заключалась в следующем: очищенное от посторонних примесей зерно в количестве 2250 г подвергалось замачиванию водой при температуре 13—15° до 15,5% влажности.

Замоченное зерно тщательно перемешивалось и ставилось в стеклянной банке с притертой пробкой на отлежку. Температура зерна после замочки колебалась от 18 до 20°.

Кондиционирование зерна горячим способом производилось в лабораторном кондиционере системы инж. П. Г. Демидова (рис. 2—3).

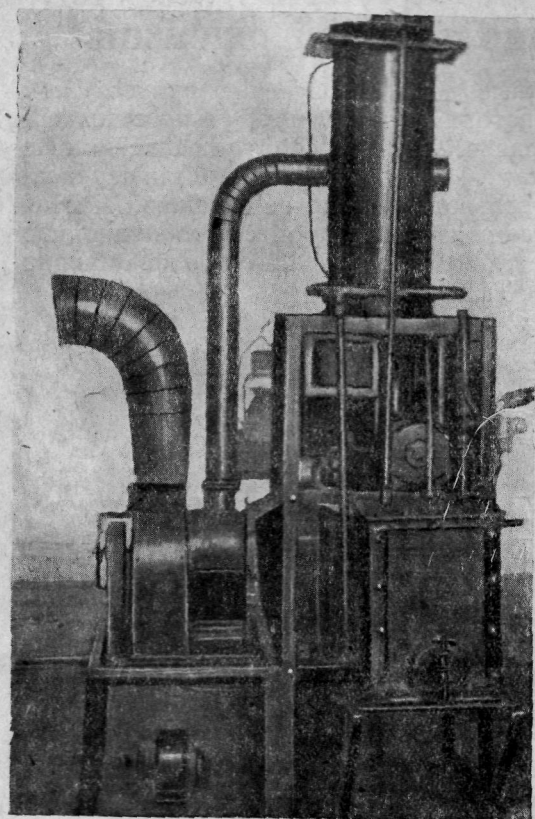


Рис 2

Конструкция кондиционера позволяла приблизить методику лабораторного кондиционирования при наличии небольшого количества зерна к производственным условиям. Принцип работы лабораторного кондиционера аналогичен принципу работы производственного кондиционера типа Бюлера.

Продолжительность отлежки зерна при холодном способе кондиционирования была 36 и 48 час., а при горячем — 10 час. Режим горячего кондиционирования был принят следующий: 1) влажность зерна до кондиционера — 18%, 2) влажность зерна после кондиционера — 15,5%. Температура нагрева зерна в кондиционере 45 и 55°. Температура зерна после кондиционера 20°. Первый период предварительного прогрева зерна до температуры 45 и 55° продолжался в течение 10—15 мин., второй — при температуре 45 и 55° в течение 30 мин. и третий период — охлаждение зерна — 5—8 мин. Общее количество испаренной влаги из зерна колебалось от 2 до 2,5%.

Кондиционированное зерно поступало на помол. Помол производился на лабораторном вальцовом станке системы Лютера по принципу крупчатной схемы.

Схема помола имела 4 драных и 5 размольных систем. Продукты размола просеивались на электрифицированном лабораторном рассеве с отсеиванием муки через шелковое сито X.

Влияние процесса кондиционирования на мукомольные свойства зерна

С целью определения влияния процесса кондиционирования на изменение физических свойств зерна были произведены опыты по дроблению целого зерна и частиц эндосперма на сжатие и скалывание. Опыты производились на специальном приборе инж. П. Г. Демидова (рис. 4), позволяющем графически фиксировать величину усилий и характер протекаемой деформации. Дробление частиц эндосперма производилось над кубиками и пластинками, высеченными из зерна по строго определенному методу, а целого зерна — по максимальному поперечному сечению одинаковой степени крупноты зерен.

На рис. 5 представлена диаграмма сравнения усилий при деформации целого зерна сжатием и скалыванием до и после процесса кондиционирования. Из диаграммы видно, что процесс кондиционирования значительно понижает усилия, потребные для деформации зерна; при этом максимальное уменьшение усилий при сжатии наблюдается при холодном способе с отлежкой 48 час. (36,70%), при горячем — температура нагрева зерна — 55° (37,50%): При деформации скалывания целого зерна максимальное уменьшение усилий наблюдается при холодном способе с отлежкой 48 час. (34,60%), при горячем как при температуре 45°, так и 55° уменьшение почти одинаково, а именно 42,40—42,8%.

Диаграмма (рис. 6) характеризует сравнение изменения усилий при дроблении частиц эндосперма зерна сжатием и скалыванием. Как видно из диаграммы, процесс кондиционирования значительно уменьшает усилия для деформации, при этом максимальное уменьшение усилий при сжатии наблюдается при холодном способе с отлежкой 48 час. (30,60%), при горячем способе — при температуре нагрева зерна 55° (35,60%). При деформации скалывания максимальное уменьшение усилий наблюдается при холодном способе с отлежкой 48 час. (63,6%), при горячем — 70,4—71,2%.

Таким образом результаты опытов по дроблению целого зерна и частиц эндосперма позволяют сделать вывод, что процесс кондиционирования как горячим, так и холодным способами в значительной степени уменьшает потребные усилия для деформации зерна и частиц

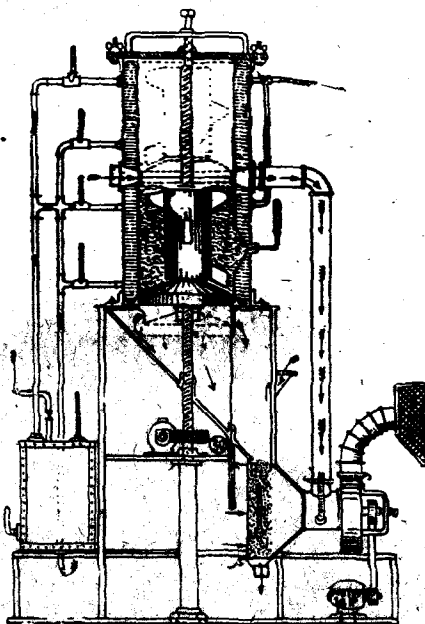


Рис. 3. Лабораторный кондиционер системы инж. Демидова

эндосперма; в наших опытах максимальный эффект получился при холодном способе с отлежкой 48 час. и горячем способе при температуре прогрева зерна 55°.

Приведенные нами результаты опытов по дроблению зерна и частиц эндосперма, хотя и являются очень показательными в отношении освещения вопроса о влиянии процесса кондиционирования на уменьшение расхода энергии на дробление, но, однако, не могут послужить основанием для распространения их на работу вальцовых станков, так как процесс дробления в последних протекает более

сложно, являясь комплексом различных деформаций при наличии эластичной оболочки зерна.

С целью исследования вопроса о влиянии процесса кондиционирования на расход мощности при дроблении на вальцовом станке нами были произведены опыты как в лабораторных условиях, так и на производстве. Опыты в лабораторных условиях производились на лабораторном вальцовом станке с соблюдением совершенно одинакового режима помола. Установка состояла из вальцового станка, приводимого во вращение через трансмиссию 3-фазным асинхронным электромотором мощностью 1 кв. Рабочие характеристики электромотора были сняты обычными методами. Мощность, затрачиваемая на помол, определялась как полезная мощность двигателя за вычетом потери мощности в трансмиссии и вальцовом станке.

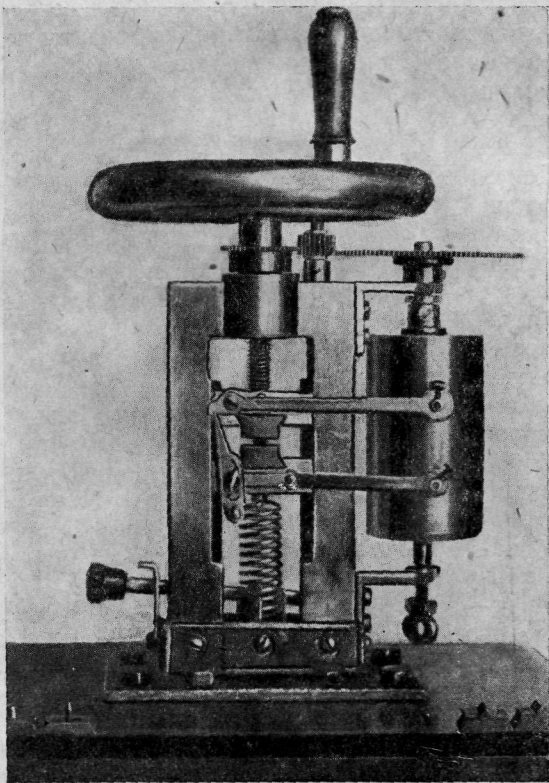


Рис. 4

Полезная мощность двигателя определялась по рабочим характеристикам, в цепь же двигателя были включены 3 ваттметра, регистрирующие мощность, потребляемую двигателем (рис. 7). Изменение расхода мощности при помоле зерна до и после кондиционирования характеризуется диаграммой (рис. 8). Уменьшение расхода мощности на весь процесс помола при кондиционировании зерна составляет: при холодном кондиционировании (отлежка 48 час.) — 22,50%, при горячем — 29,0%.

Таким образом горячий способ кондиционирования дает наибольший эффект для твердых стекловидных пшениц, чем холодный в отношении уменьшения расхода мощности на размол. При определении расхода мощности в производственных условиях мельница перерабатывала полутвердое зерно типа „Украинка“ с содержанием 65% стекловидных зерен. Испытания протекали в одинаковых условиях как в отношении режима помола, так и степени однородности перерабатываемого зерна.

Помол производился на вальцовом станке, имеющем размер валков 250×800 мм, число рифлей 12 и 20 на 1 дюйм, уклон 4 и 8° , окружные скорости быстрого вала 5,7 м/сек., дифференцию 1:2,5. Станок приводился в движение индивидуальным приводом от электромотора мощностью 10 кв. Для замера расхода мощности был установлен специальный щиток с электроизмерительными приборами.

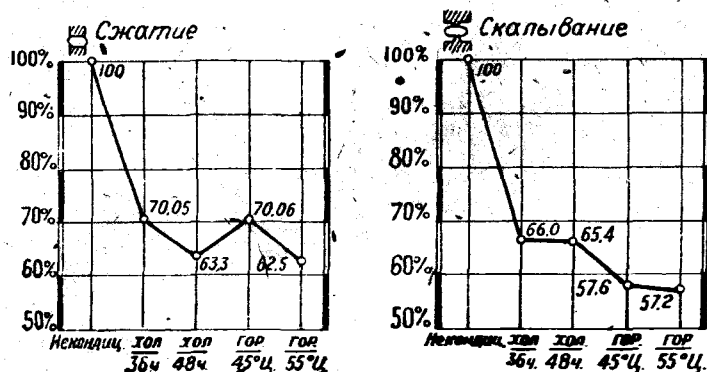


Рис. 5. Диаграмма усилий при деформации целого зерна до и после кондиционирования

Помол производился следующим образом: одна половина вальцового станка работала поочередно, как 1-я и 2-я драные системы (крупочные), а другая половина, с большим числом рифлей, как 5-я драная система (вымольная). Режим помола был установлен соответственно условиям работы 2-й госмельницы в Одессе. Диаграмма (рис. 9) характеризует средний расход мощности по системам при помоле зерна до и после кондиционирования без учета расхода мощности на холостой ход станка.

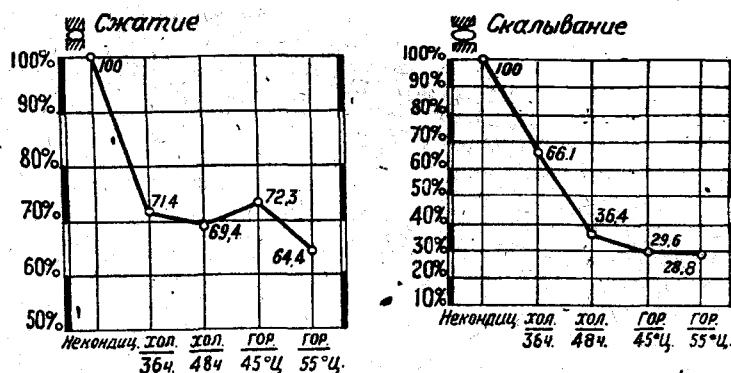


Рис. 6. Диаграмма усилий при деформации эндосперма зерна до и после кондиционирования

Как видно из диаграммы, процесс кондиционирования значительно уменьшает расход мощности на драных системах, а именно: на 1-й драной системе—на 7,5%, на 2-й драной системе—на 8,0%, на 5-й драной системе—на 21,0%. В среднем по всем системам уменьшение мощности составляет 12,2%. Особенно резкое уменьшение расхода мощности на 5-й драной системе (вымольной) объясняется более легким вымалыванием оболочечных частиц кондиционированного зерна. Характер продуктов, извлекаемых при дроблении зерна, зависит главным образом от его физических свойств, как то: степени твердости

и стекловидности эндосперма, вязкости оболочек и их толщины, крупноты и формы зерна и др.

Совокупность указанных физических свойств зерна, различно выраженных в том или ином сорте пшеницы, и определяет характер построения схемы технологического процесса. Как известно, более

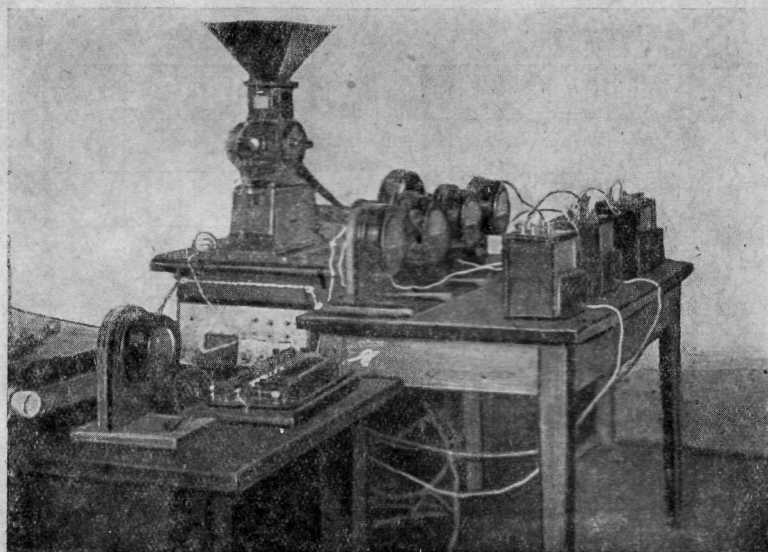


Рис. 7

твердые стекловидные сорта пшениц по сравнению с мягкими сортами имеют более тонкие и хрупкие оболочки, очень твердую стекловидную структуру эндосперма, а поэтому размалывание их в муку сопряжено с большой затратой энергии, а также с получением значитель-



Рис. 8. Диаграмма расхода мощности

ного количества мелких оболочечных частиц, неизбежно попадающих в муку.

Указанные свойства твердых пшениц при размоле зерна в муку резко меняются под влиянием процесса кондиционирования, что про-

исходит главным образом от воздействия на зерно тепла и влаги. Что касается вопроса о химических изменениях, происходящих в зерне под влиянием процесса кондиционирования, то по данному вопросу мнения исследователей расходятся.

Одни утверждают, что процесс кондиционирования вызывает значительные химические изменения по причине возникающих биохимических процессов, другие же утверждают, что процесс кондиционирования в основном вызывает изменение физических свойств зерна под влиянием воздействия тепла и влаги и что при этом происходят крайне незначительные химические изменения.

С целью освещения этого вопроса нами были произведены некоторые опыты с зерном, а также сделаны химические анализы муки, полученной от помола зерна до и после кондиционирования. Однако результаты химических анализов муки не могут послужить полностью основанием к объяснению химических изменений, возникающих в зерне под влиянием процесса кондиционирования, так как на химический состав муки, полученной при одном и том же методе помола зерна, неизбежно окажет влияние неоднородность физико-химических свойств сыпучей массы зерна.

Зерно как сыпучая масса одного и того же сорта представляет собою смесь зерен, резко отличающихся по своим физико-химическим свойствам. Поэтому освещение вопроса о влиянии процесса кондиционирования на изменение химического состава зерна путем сравнения результатов анализа муки, полученной до и после кондиционирования, следует признать неправильным.

Наиболее правильным методом, позволяющим более точно учесть химические изменения, возникающие в зерне под влиянием процесса кондиционирования, является исследование отдельных составных частей зерна (оболочек, эндосперма, зародыша), высекаемых из зерна до и после кондиционирования. Исследованию должно подвергаться подсортированное зерно, имеющее одинаковые физические свойства.

С целью освещения некоторых вопросов, связанных с изучением влияния процесса кондиционирования на изменение химического состава зерна, были произведены два опыта.

Опыт первый имел целью осветить очень важный вопрос для технологии мукомольного производства, а именно: „Проникают ли при процессе кондиционирования зерна вместе с водой растворимые в ней соли из оболочек зерна в эндосперм“. Это предположение высказано в книге проф. П. А. Козьмина и проф. И. Н. Левинсона¹. Если это явление действительно имеет место, то оно должно вызвать некоторое повышение зольности муки независимо от степени ее чистоты.

Методика производства опыта заключалась в следующем: из одной и той же фракции подсортированного зерна до и после кондицио-

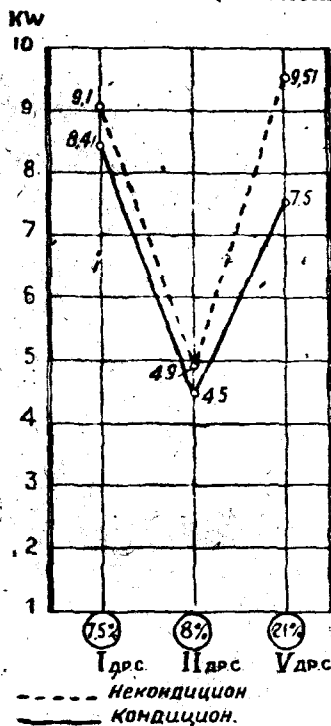


Рис. 9. Средний расход мощности по системам

¹ „Американские помолы“, стр. 36, изд. 1932 г.

нирования отбирались типичные зерна, из этих зерен по строго определенному методу высекался чистый эндосперм в виде многогранных частиц.

Высеченный эндосперм подвергался озолению с контрольными определениями. Средние значения результатов определения зольности получились следующие: эндосперм некондиционированного зерна — 0,39%, кондиционированного холодным способом — 0,38%, горячим способом — 0,36%. Таким образом результаты опытов, полученные при исследовании твердой пшеницы, не подтвердили справедливости указанных ранее предположений.

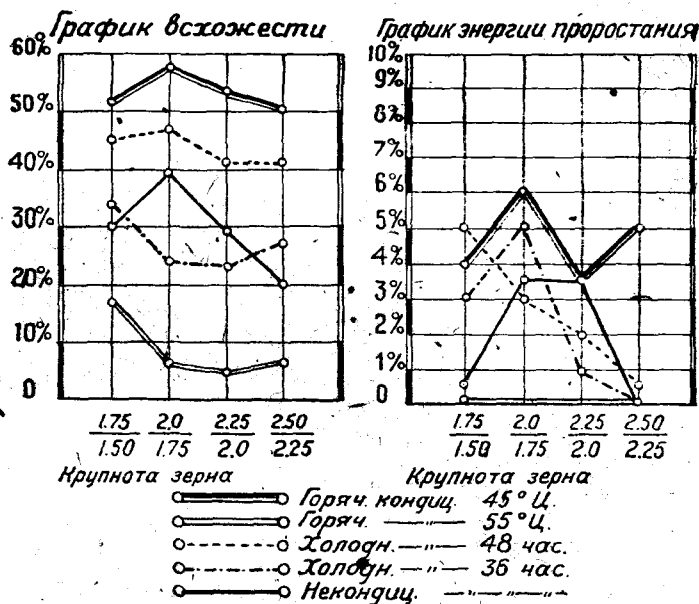


Рис. 10. График всхожести и график энергии прорастания

Опыт второй имел целью определить, насколько процесс кондиционирования будирует активность ферментов зерна. Причиной, побудившей к постановке указанного опыта, послужили следующие соображения: так как при проращивании зерна всхожесть и энергия прорастания являются показателями активности работы ферментов, а процесс кондиционирования активизирует деятельность ферментов зерна, то такое явление должно найти отражение и на повышении всхожести и энергии прорастания при проращивании кондиционированного зерна.

Опыты производились над проращиванием фракционированного по крупноте зерна до и после кондиционирования. Диаграмма (рис. 10) характеризует результаты опытов по проращиванию. Как видно из диаграммы, горячий способ кондиционирования при температуре 45° и холодный при 48 час. отлежки вызывают наибольшую активность ферментов при проращивании зерна. Горячий способ при температуре 55° резко понижает всхожесть зерна, доводя энергию прорастания до нуля. Это явление дает возможность предполагать, что высокая температура нагрева зерна отрицательно влияет на активность ферментов, а также на жизнедеятельность зародыша.

Таким образом итоги опыта позволяют сделать вывод, что процесс кондиционирования активизирует деятельность ферментов зерна. Как показывают результаты опытов, всхожесть и энергия прорастания протекают различно в зависимости от степени крупноты зерна, при

этом наблюдается меньшая активность у более крупных фракций зерна. Это обстоятельство указывает на то, что процесс кондиционирования целесообразно вести отдельно для крупного и мелкого зерна и возможно, что более крупные фракции зерна потребуют иного режима кондиционирования.

Влияние процесса кондиционирования на качественные и количественные показатели муки

Изменение физических свойств зерна под влиянием процесса кондиционирования вызывает и изменение качественно-количественных

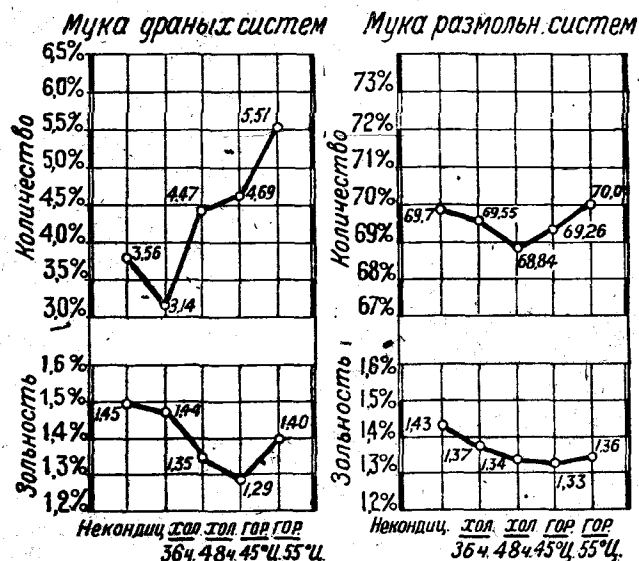


Рис. 11. Мука драных систем и мука размольных систем

показателей муки и отрубей. Диаграммы (рис. 11 и 12) характеризуют влияние кондиционирования на выхода и зольность муки драных и размольных систем, а также муки и отрубей общего выхода.

Полученные результаты позволяют сделать следующие выводы:

1. Процесс кондиционирования как холодным, так и горячим способом увеличивает выхода муки и повышает качество ее вследствие разрыхления эндосперма зерна и увеличения вязкости оболочек.

2. Горячий способ кондиционирования при температуре нагрева зерна 55° имеет тенденцию повышать зольность муки как драного, так и размольного процессов, а также муки общего выхода. Это явление объясняется попаданием в муку относительно большого количества частиц оболочки зерна вследствие большей разрыхленности их от воздействия высокой температуры. Для устранения данного явления на производстве необходимо иметь перед первым драньем запасную замочку для увлажнения верхних оболочек зерна (плодовых).

3. Отруби при помоле кондиционированного зерна получают более широкие. Значительного изменения зольности отрубей не наблюдается за исключением холодного кондиционирования при 36 час. отлежки, где зольность получилась меньшая по причине худшей вымываемости их. Относительно низкая зольность отрубей общего выхода при всех помолах объясняется условиями помола на лаборатор-

ном вальцовом станке, имеющем очень малые диаметры катков, а также короткий процесс вымола оболочек. Холодное кондиционирование при 36 час. отлежки дает менее положительные результаты, чем при 48 час. отлежки. Для характеристик степени тонкости муки последняя просеивалась на анализаторе с набором шелковых сит XI, XII и XIII. Результаты просеивания характеризуются табл. 1.

Таблица 1

№ шелковых сит	Некондиц. зерна	Холодное кондиц.		Горячее кондиц.	
		36 час.	48 час.	45°	55°
		П р о х о д с и т а (в %)			
XI	69,6	73,2	74,2	75,2	75,9
XII	65,0	68,0	68,1	68,3	69,6
XIII	61,2	64,1	64,2	64,7	65,9

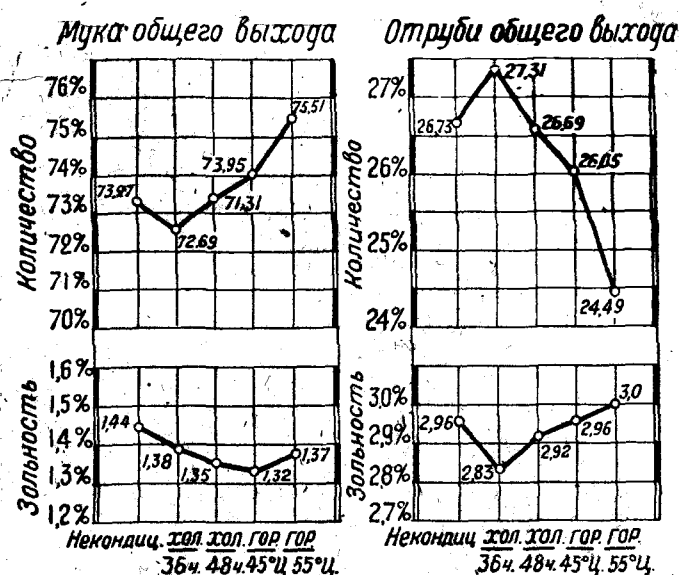


Рис. 12. Мука общего выхода и отруби общего выхода

Из таблицы видно, что мука при помоле кондиционированного зерна получается более тонкая, при этом горячий способ кондиционирования дает наиболее тонкую муку вследствие более энергичного разрыхления эндосперма зерна. Указанные ранее физические изменения зерна под влиянием процесса кондиционирования резко отражаются и на цвете муки. Как известно, основными факторами, обуславливающими цвет муки, являются следующие: цвет эндосперма и оболочек зерна, степень тонкости размола муки, влажность муки и, наконец, наличие в муке оболочечных частиц зерна.

В наших опытах на цвет муки могло лишь повлиять попадание частиц оболочек зерна, незначительные отклонения содержания влажности, степень тонкости размельчения; остальные же факторы при всех опытах оставались постоянными (зерно, подготовка к помолу, дробление и др.).

Результаты сравнения цвета муки по Пекару получились следующие: 1) мука некондиционированного зерна имеет более светлый цвет; 2) холодный способ кондиционирования при отлежке 48 час.

дает наиболее светлую и чистую муку; 3) мука из кондиционированного зерна по цвету и чистоте фона резко отличается от муки из некондиционированного зерна, последняя имеет темносероватый оттенок.

Указанные выводы о влиянии процесса кондиционирования зерна на изменение мукомольных свойств еще не решают полностью вопроса о применении того или иного режима кондиционирования, так как задачей последнего является не только улучшение мукомоль-

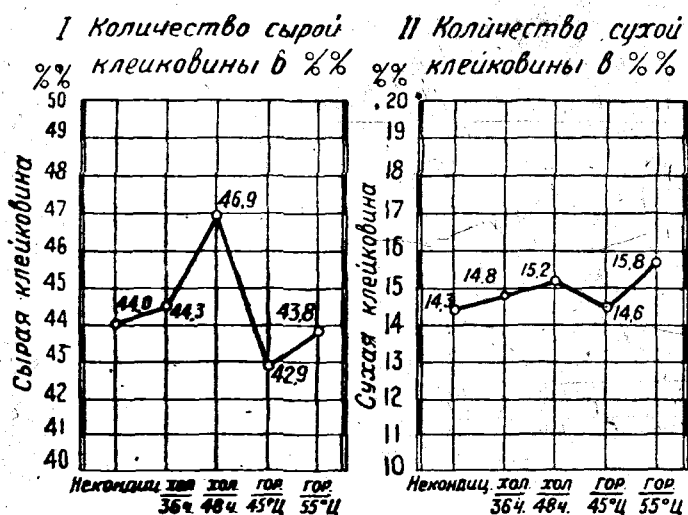


Рис 13. Количество клейковины

ных свойств зерна, а и хлебопекарных. Поэтому окончательные выводы о режиме кондиционирования, дающем наиболее положительные результаты как в мукомольном, так и хлебопекарном отношениях, могут быть сделаны лишь только после исследования влияния данного режима кондиционирования на хлебопекарные свойства зерна.



Рис. 14

Из ранее произведенных нами работ наблюдалось, что один и тот же режим кондиционирования дает положительные результаты в отношении изменения мукомольных свойств и совершенно отрицательные результаты в хлебопекарном отношении.

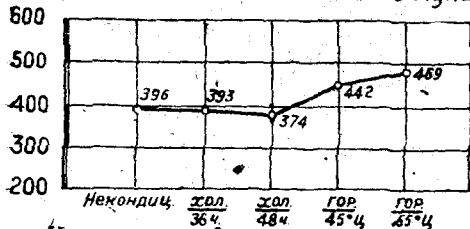
Химическое исследование муки

Результаты химического исследования муки приведены в табл. 2.

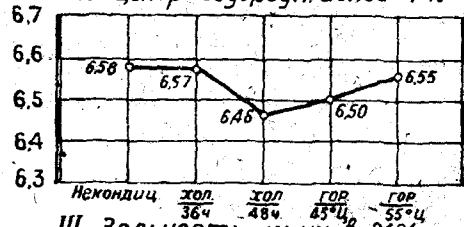
Таблица 2

Мука из зерна	Водопогл. способ. (в %)	Количество клейковины		Отношение сырой к сухой	Влажн. муки (в %)	Зольн. муки. (в %)	Конд. водородн. ионов pH	Азот			Сырой протеин N (5, 7)	Диастатическая активность
		Сырой (в %)	Сухой (в %)					Общий (в %)	Растворимый (в %)	Отношение общего к растворим.		
Некондиционир.	46,0	44,0	14,3	3,0	13,0	1,44	6,58	3,07	0,40	7,7	17,5	396
Холодн. кондиционир. 36 час.	47,0	44,3	14,8	3,0	13,2	1,38	5,57	3,17	0,41	7,7	18,1	393
Холодн. кондиционир. 48 час.	50,0	46,9	15,2	3,1	13,3	1,35	6,46	3,13	0,43	7,3	17,9	374
Горячее—45°	48,1	42,9	14,6	2,94	13,0	1,32	6,50	3,16	0,42	7,5	18,0	442
Горячее—55°	48,5	43,8	15,8	2,78	13,1	1,37	6,55	3,13	0,43	7,3	17,9	469

I Диастатическая активность муки



II Концентр. водородн. ионов pH



III Зольность муки в %

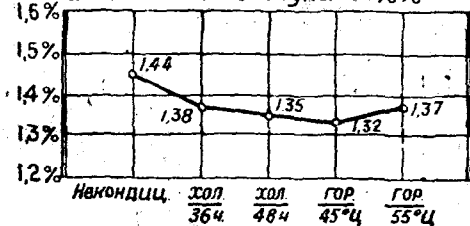


Рис. 15. Диастатическая активность муки

Водопоглотительная способность муки из кондиционированного зерна несколько возрастает, что можно объяснить изменением коллоидных свойств муки. Наибольшее увеличение наблюдается при холодном кондиционировании при отлежке 48 час.

Характер изменения содержания сырой и сухой клейковины показан на диаграмме (рис. 13). Эти незначительные изменения содержания клейковины могут быть объяснены частично изменением коллоидных свойств клейковины, а также неточностью метода определения. Особенно важную роль в процессе хлебопечения играет качество клейковины, обуславливающее газоудерживающую способность теста. Клейковина из кондиционированного зерна твердой пшеницы отличается большой силой и малой растяжимостью („короткая“). Холодный способ кондиционирования улучшает качество клейковины, последняя получается более эластичной, а горячий способ ухудшает, давая клейковину более плотную и короткую.

Рис. 14 характеризует результаты испытания качества клейковины выпеканием ее в приборе Болланда. Способ испытания заключается в выпекании одинакового весового количества сырой клейковины. Клейковина, обладающая лучшими качествами при выпечке, дает больший объем с равномерным содержанием пор, имеющих очень тонкие стенки. Наилучшие результаты получились при выпечке клей-

ковины из кондиционированного зерна холодным способом при отлежке 48 час.

Клейковина из зерна, кондиционированного горячим способом, при выпекании дает меньший объем и имеет более плотную струк-

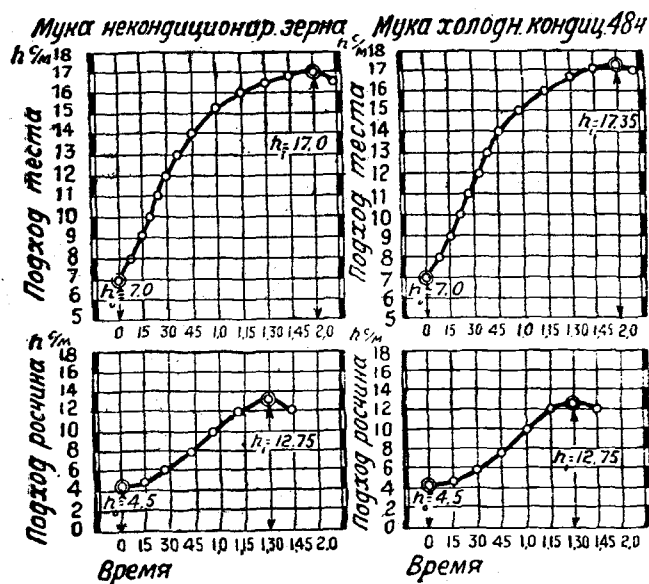


Рис. 16а

туру. Полученные результаты по испытанию качества клейковины нашли себе подтверждение и в качестве выпеченных хлебов. Харак-

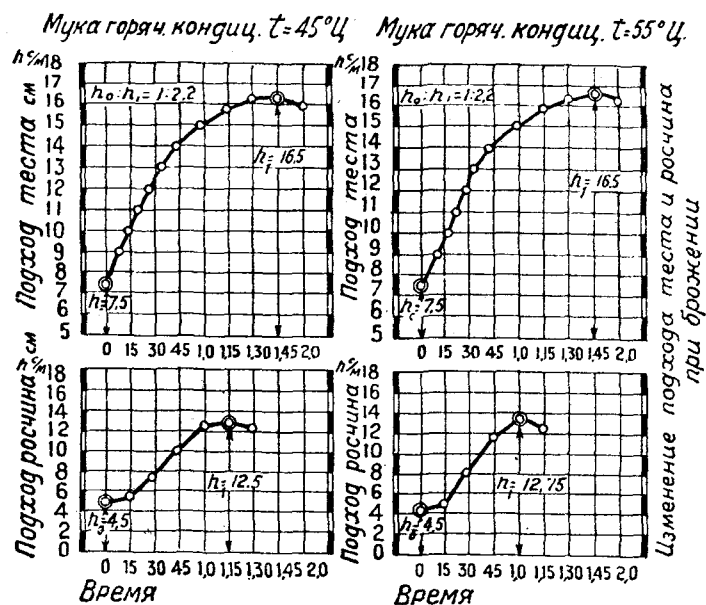


Рис. 16б

теристика изменений диастатической активности и концентрации водородных ионов (рН) муки указана на диаграмме (рис. 15).

Результаты опытов позволяют прийти к выводу, что в образцах муки из зерна, кондиционированного горячим способом, наблюдается

увеличение диастатической активности (мальтозного числа). Это явление можно объяснить комбинированием двух обстоятельств: а) увеличением процентного содержания более мелких в муке фракций мучнистых частиц; б) возможностью активирования амилолитических ферментов вследствие влияния высокой температуры нагрева зерна при кондиционировании.

Данные по диастатической активности находят себе некоторое подтверждение и в ходе брожения расчина и теста.

Диаграмма (рис. 16а и б) характеризует изменение подхода расчина и теста при брожении. Процесс брожения теста и расчина из муки кондиционированного зерна горячим способом протекает значительно быстрее (более бурно), чем из муки некондиционированного и кондиционированного холодным способом зерна.

Как видно из диаграммы (рис. 15), характерных изменений рН при наших исследованиях не наблюдалось. Можно отметить некоторое повышение концентрации водородных ионов при понижении зольности муки, что находится в согласии с общеизвестными литературными данными. Содержание в муке общего и растворимого азота под влиянием процесса кондиционирования незначительно изменяется. Наибольшее увеличение количества растворимого азота в наших опытах наблюдалось при холодном кондиционировании с отлежкой 48 часов и горячем при температуре 55°. Колебание в процентном количестве общего азота можно объяснить эффектом технологического процесса.

Вообще мука из кондиционированного зерна дала несколько повышенный процент сырого протеина. Соотношение между общим и растворимым азотом было в достаточной степени постоянным от 7,3 до 7,7.

Влияние процесса кондиционирования на изменение хлебопекарных свойств зерна

Основными факторами, обуславливающими хлебопекарные свойства муки, являются газообразующая и газоудерживающая способность муки. Газообразующий фактор зависит от диастатической активности муки, а газоудерживающий — от качественно-количественных показателей клейковины. Мука из некондиционированного зерна твердой пшеницы имеет очень сильную и мало растяжную клейковину. Тесто из такой муки получается более плотное, при этом клейковина не способна образовать тонких волокон, равномерно распределенных в тесте в виде густой сетки.

Задача процесса кондиционирования должна заключаться в улучшении пекарных свойств муки, а именно в увеличении диастатической активности муки и улучшении качества клейковины. Хлебопекарные свойства муки определялись путем лабораторных выпечек хлеба опарным способом. Результаты исследования хлебопекарных свойств муки характеризуются табл. 3.

Наблюдения над подходом теста и расчина в период брожения показали, что мука из кондиционированного зерна горячим способом дает тесто с большей эффективностью подхода (рис. 16). Это явление может быть объяснено влиянием следующих факторов: а) увеличением диастатической активности муки; б) изменением коллоидных свойств теста или одновременным влиянием указанных факторов.

Согласно результатам химического исследования муки диастатическая активность муки из кондиционированного зерна горячим способом несколько увеличилась. Величина подъема теста при горячем кондиционировании зерна по сравнению с холодным способом конди-

Таблица 3

Показатели Мука из зерна	Вес хлеба (в г)	Объем хле- ба (в см ³)	Отношение веса к объему	Влажность хлеба (в %)	Пористость хлеба (в %)	Выход из 100 г муки		Прирек хлеба (в %)
						Хлеба	Объема см ³	
Некондиционир.	1257	2800	0,45	41,3	66,5	126,0	280	26,0
Кондиционир. холодным способом 34 час.	1277	3090	0,42	42,3	69,0	126,5	297	26,5
То же 48 час.	1286	3143	0,41	42,2	71,2	130,0	318	30,0
Горячим способом 45°	1311	2835	0,46	41,4	61,3	128,0	277	28,0
Горячим способом 55°	1310	2832	0,46	41,5	61,1	128,5	278	28,5

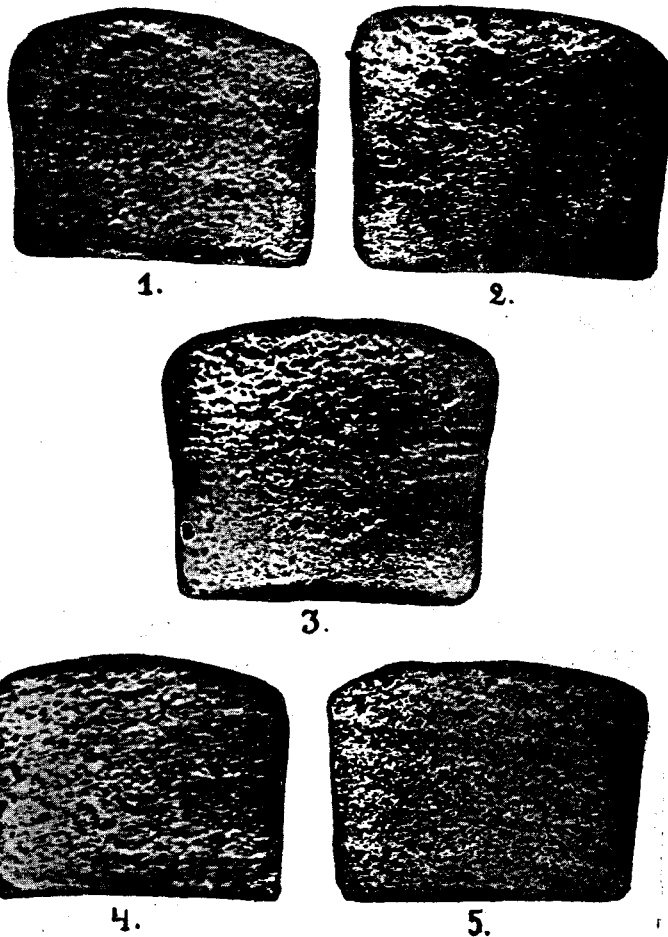


Рис. 17. Хлеб из муки некондиционированного зерна

ционирования получилась несколько ниже, что указывает на пониженную способность теста к растяжению. Это обстоятельство отрицательно отразилось и на объеме хлеба. Уменьшение объема хлеба могло наблюдаться и при хорошей клейковине, но при слабой диастатической активности муки. Мука из зерна, кондиционированного горячим способом, дает более плотное тесто.

Рис. 17 характеризует поперечные срезы выпеченных хлебов.

На рис. 18 показана диаграмма, характеризующая изменение весового выхода теста и хлеба, а также объемного выхода хлеба из 100 г муки.

Из диаграммы видно, что процесс кондиционирования влияет на увеличение указанных показателей качества хлеба, при этом наибольшее увеличение наблюдается при холодном кондиционировании с отлежкой 48 час. Под влиянием процесса кондиционирования пористость хлеба улучшается. Хлеб приобретает более равномерную пористость, поры становятся более мелкими и имеют более тонкие стенки. Это обстоятельство вызывает уменьшение веса объемной единицы мякиша, т. е. хлеб становится более пышным. Наилучшая структура мякиша хлеба получилась при холодном кондиционировании с отлежкой 48 час. При горячем кондиционировании мякиш хлеба по-

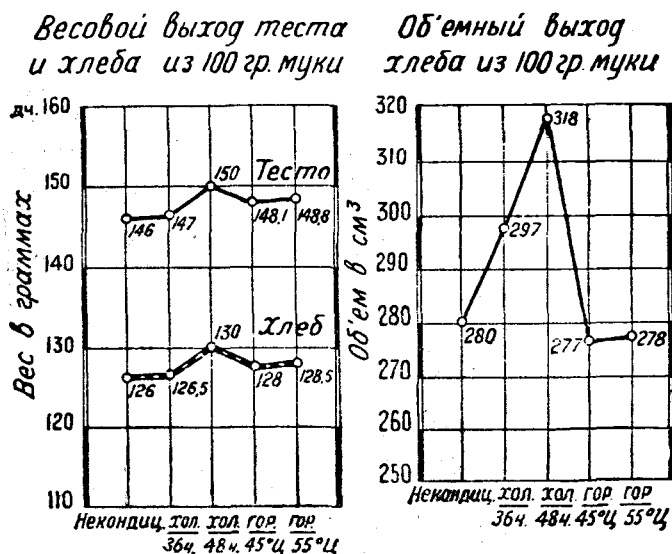


Рис. 18. Весовой выход теста

лучился более плотный вследствие толстых стенок пор. Процесс кондиционирования влияет на увеличение припека хлеба.

Таким образом холодный способ кондиционирования зерна при отлежке 48 час. дает наилучшие результаты в отношении изменения хлебопекарных качеств зерна.

Общие выводы о результатах исследования

Полученные результаты исследования позволяют сделать следующие общие выводы о влиянии процесса кондиционирования на зерно твердой пшеницы:

- 1) процесс кондиционирования энергично разрыхляет эндосперм зерна;
- 2) облегчает вымалывание эндосперма от оболочек зерна;
- 3) значительно уменьшает количество мелких оболочечных частиц при дроблении зерна;
- 4) горячий способ кондиционирования более энергично разрыхляет эндосперм твердых пшениц, чем холодный;
- 5) увеличивает водопоглотительную способность муки;
- 6) будирует деятельность ферментов зерна;

7) улучшает качество клейковины, последняя становится более эластичной.

Указанные изменения зерна, происходящие под влиянием процесса кондиционирования, в значительной степени влияют и на повышение технико-экономических показателей технологии мукомольно-хлебопекарного производства. В результате наших опытов получилось:

а) В мукомольном отношении

1) уменьшение расхода мощности при помоле зерна в лабораторных условиях от 22,5 до 29,2% и до 12,2% в производственных условиях;

- 2) увеличение выхода муки до 2,24%;
- 3) уменьшение зольности муки до 0,12%;
- 4) увеличение степени тонкости муки;
- 5) улучшение цвета и чистоты муки.

б) В хлебопекарном отношении

- 1) увеличение весового выхода теста до 2,5%;
- 2) увеличение весового выхода хлеба до 3,0%;
- 3) увеличение объема хлеба до 12%;
- 4) улучшение пористости хлеба;
- 5) увеличение припека хлеба до 4%.

Лучшие результаты в отношении изменения мукомольных и хлебопекарных свойств дает холодный способ кондиционирования с отлежкой 48 час.

Горячий способ кондиционирования дает отрицательные результаты в отношении изменений хлебопекарных свойств.

Таким образом холодный способ кондиционирования при отлежке 48 час. подлежит широкому внедрению на наших предприятиях мукомольной промышленности, перерабатывающих твердые сорта пшеницы типа Тг. durum, так как этот способ дает не только лучшие результаты, но и является более экономичным.

Согласно ориентировочному подсчету, приведенному в книге проф. П. А. Козьмина и проф. И. Н. Левинсона¹, эксплуатационные расходы на 1 т зерна при горячем кондиционировании составляют 48,2 коп., а при холодном—14,45 коп., т. е. в 3—3,5 раза менее. Что касается вопроса о биохимических процессах, протекающих в зерне под влиянием процесса кондиционирования, то мы считаем, что общепринятый метод освещения его путем сравнения результатов анализа муки является неправильным, так как извлекаемая мука по характеру своих частиц является неоднородной независимо от соблюдения одного и того же метода помола.

Различное воздействие процесса кондиционирования на изменение физических свойств зерна, а также неоднородность зерна как сыпучей массы по своему химическому составу дает при помоле неоднородную муку с различным содержанием оболочечных частиц различной степени тонкости, различного выхода и т. п., что, несомненно, вызывает и различные химические показатели ее.

Полученные нами результаты по химическому исследованию муки не могут претендовать на освещение данного вопроса, а лишь характеризуют влияние различного режима кондиционирования на качественно-количественные показатели извлекаемой муки.

¹ „Американские помолы“, стр. 43, 1932 г.

Из последних работ, более подробно освещающих данный вопрос, является работа инж. Н. А. Лосева¹. Дальнейшие работы по кондиционированию должны быть направлены на изучение методики кондиционирования, дающей максимальный техно-экономический эффект для мукомольной и хлебопекарной промышленности. Опыты следует производить над сортами пшениц, получившими широкое распространение в сельском хозяйстве Союза.

Результаты лабораторных исследований должны быть проверены в производственных условиях.

¹ Н. А. Лосев. Изменения в зерне в процессе кондиционирования. Журн. „Советское мукомолье и хлебопечение“ № 4, 1936 г.

Доц. Н. М. Ицкович и доц. П. Г. Демидов

Тепловое исследование кондиционера Бюлера

Цель исследования кондиционера Бюлера, установленного на 2-й мельнице в Одессе, заключалась: 1) в определении эффективности влияния работы кондиционера на технологический процесс кондиционирования зерна; 2) в выявлении теплотехнического режима его; 3) в определении технических показателей в условиях нормальной его эксплуатации и 4) в изыскании путей к выявлению и устранению имеющихся недостатков. Исследования производились в условиях зимнего и летнего периодов 1935/36 г.

1. Описание установки

2-я мельница в Одессе оборудована двумя кондиционерами типа Бюлера производительностью каждый 100 т в сутки (заводские данные). Поверхность нагрева каждого кондиционера состоит из четырех секций, состоящих из 5 радиаторных батарей по 9 элементов. Поверхность нагрева одного элемента батареи равна 0,318 м². Общая поверхность нагрева кондиционера составляет таким образом 57,2 м². Кондиционер снабжен кроме четырех нагревательных секций пятой — охлаждающей.

Как видно из рис. 1, вся установка состоит из двух водогрейных котлов Стребеля (1) поверхностью нагрева каждый 18 м², соединенных одним общим трубопроводом 4", от коего имеются два отвода горячей воды 3" к каждому кондиционеру. Короткие соединительные патрубки, подводящие горячую воду к секциям кондиционеров, снабжены вентилями для регулировки количества поступающей горячей воды (4) и термометрами (3). Отводящие охлажденную воду патрубки также снабжены термометрами и соединены в одну общую

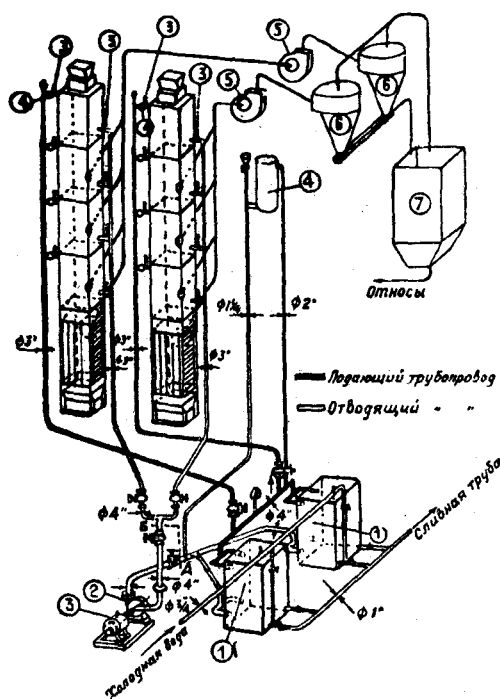


Рис. 1

магистраль 3". Отводящие воду магистрали обоих кондиционеров подведены к центробежному насосу (2), нагнетательная линия которого соединена с котлами.

С целью вмещения прироста воды вследствие повышения ее температуры, а также для выпуска воздуха служит расширительный сосуд емкостью 1 м³, установленный на высоте 23 м от центробежного насоса.

Заполнение при пуске всей системы и добавка сырой воды на случай потерь производится из трубопровода холодной воды 3/4". Общая длина подводящих и отводящих воду трубопроводов составляет 147 м, из коих изолированы лишь 80 м. Каждый кондиционер обслуживается своей вентиляционной установкой, состоящей из воздуховода, эксгаустера (5), циклона (6) и одной общей для обоих кондиционеров пыльной камеры (7). Привод к эксгаустерам осуществлен от трансмиссии подготовительного отделения мельницы.

2. Методика замеров и основные их данные

При разработке методики замеров принимались во внимание условия производства с тем, чтобы не вызывать остановки работы кондиционера на продолжительное время. Замеры производились ежедневно в течение двух недель как во время зимнего, так и лет-

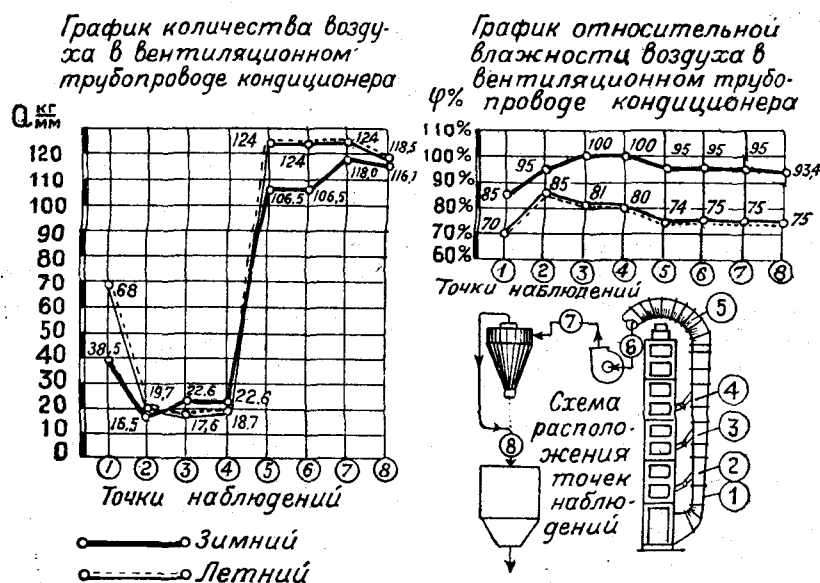


Рис. 2

него исследований, не меняя основного режима кондиционирования, принятого на мельнице.

А. Воздушный режим. Наблюдения за воздушным режимом кондиционера производились в точках, показанных на рис. 2. Распределение точек замеров воздуха следующее: точки 2, 3, 4 в патрубках горячих секций, 1—в холодной секции; 5—в общей магистрали; 6 и 7—до и после эксгаустера и 8—перед пыльной камерой.

В каждой точке производилось определение статического и общего напора, температуры и относительной влажности воздуха. Ввиду того, что в некоторых точках показания относительной влажности в зимнее время доходили до 100%, что вызывало неуверенность

в правильности показаний приборов, эти величины в последующем были проверены аналитически на основании баланса влаги по отдельным секциям. Наблюдения над воздушным режимом частично приведены на рис. 2; остальные данные сведены в табл. 1.

Таблица 1

Характеристика воздушного режима

[illegible]

Б. Температурный режим. Наблюдения за температурным режимом кондиционера сводились к замерам температур воды при входе и выходе из каждой секции (рис. 3), а также в котле. Одно-

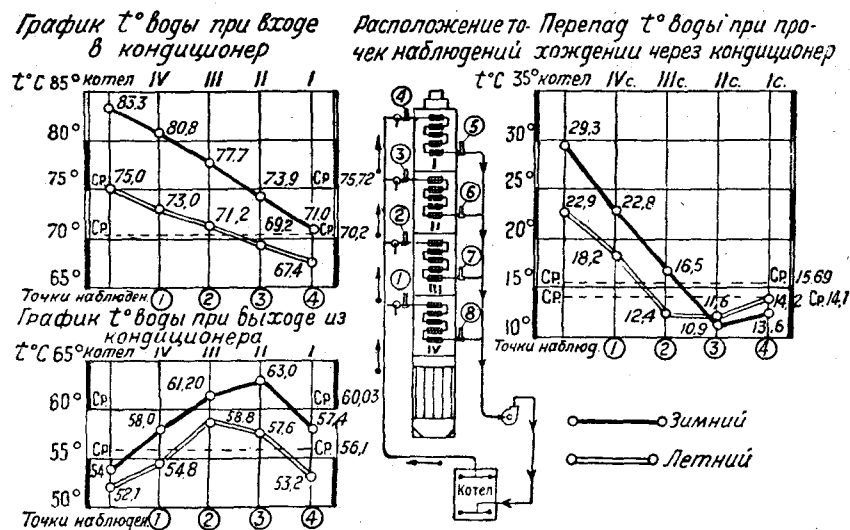


Рис. 3

временно производились замеры температур зерна при поступлении его в кондиционер после каждой нагревательной секции и при выходе из охлаждающей секции кондиционера (рис. 4).

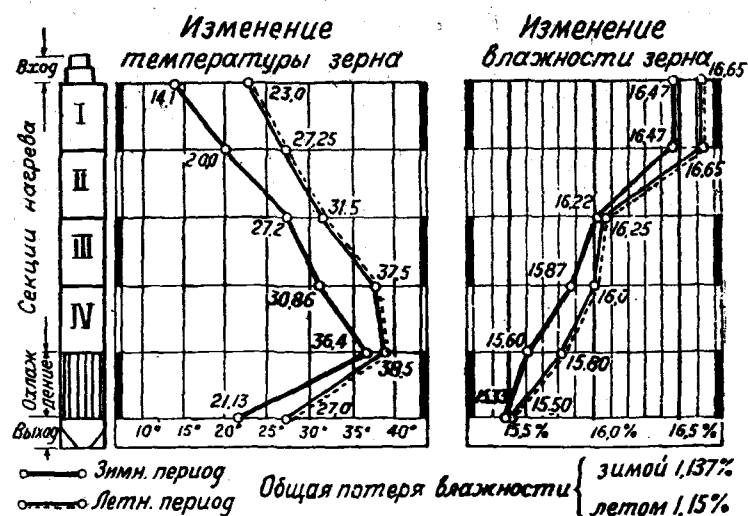


Рис. 4

Средние значения наблюдавшихся величин приведены в табл. 2 и 3.

Средние значения температур воды (°C)

Таблица 2

Период	В о д а	Котел	Секции сверху				Средняя по секциям
			I	II	III	IV	
Зимний	Прямая (горячая) вода	83,3	71,0	73,9	77,7	80,8	75,72
	Обратная (холодная) вода	54,0	57,4	63,0	61,2	58,0	60,03
	Снижение температуры воды	29,3	13,6	10,9	16,5	22,8	15,69
Летний	Прямая (горячая) вода	75,0	67,4	69,2	71,2	73,0	70,2
	Обратная (холодная) вода	52,1	53,2	57,6	58,8	54,8	56,1
	Снижение температуры воды	22,9	14,2	11,6	12,4	18,2	14,1

Таблица 3

Средние температуры зерна (°C)

Период	До кондиционера	После секций				
		I	II	III	IV	Охлаждающей
Зимний	14,1	20,0	27,2	30,86	36,4	21,13
Летний	23,0	27,25	31,5	37,5	38,5	27,0

В. Определение влажности зерна. Определение влажности зерна производилось в тех же местах, где определялись температуры зерна путем отбора проб через вентиляционные каналы специальным пробоотборником. Результаты анализов приведены в табл. 4.

Таблица 4

Влажность зерна (°Ц)

Период	Влажность	Начальная влажность	После секции					Общая потеря влажности
			I	II	III	IV	Охлаждающей	
Летний Зимний	Абс. значение	16,47	16,47	16,223	15,873	15,603	15,333	—
	Потеря влажности	—	0	0,247	0,35	0,27	0,27	1,137
	Абс. значение	16,65	16,65	16,25	16,0	15,8	15,5	—
	Потеря влажности	—	0	0,4	0,25	0,2	0,3	1,15

Г. Определение производительности кондиционера производилось путем повторного взвешивания зерна, поступающего по отводной точке в течение 1 мин. до поступления его в кондиционер. Определенная таким образом производительность кондиционера в обоих исследованиях полностью совпала с заводскими данными.

Д. Прочие определения. Количество воды, протекающей через кондиционер, было определено путем выпуска ее в бочку в единицу времени, для каковой цели на обратной магистрали была поставлена отводная труба с запорными кранами. Расход воды в среднем составлял:

• во время зимнего периода 5000 л/час
• в летнее 4320 .

Манометр, поставленный у котлов, показывал напор, развиваемый центробежным насосом, — 23 м водяного столба. Сопротивления отдельных секций, определенные при помощи дифференциальных манометров, в летнее время дали следующие значения:

I секция сверху 2570 мм водяного столба
II " " 2015 " " "
III " " 2305 " " "
IV " " 2030 " " "

Топливом для котла является в нормальных условиях кокс Одесского газового завода. Учет топлива, расходуемого во время исследований, показал расходы в среднем на 1 котел:

в зимнее время 750 кг в сутки
в летнее 580 . " .

Согласно данным тепловой лаборатории Одесского индустриального института теплотворная способность кокса составляла (по низшему пределу на рабочую массу).

в зимнее время 6700 кал./кг
в летнее 6370 .

3. Тепловые балансы

На основании приведенных данных составлены тепловые балансы кондиционера, отнесенные к собственно кондиционеру и ко всей установке. Что касается посекционных балансов, то учитывая невозможность в производственных условиях определения расхода воды на каждую секцию отдельно, точное составление теплового баланса каждой секции является невозможным. Другим препятствием для состава-

Таблица 5

А. Тепловой баланс собственно кондиционера

№ по пор.	Наименование величины	Обозначение и размерность	Формула	Значение величины	
				Зимний период	Летний период
I. Зерно					
1	Суточная производительность кондиционера	G_c т/сутки	—	100	100
2	Часовая производительность его	G_1 кг/час	—	4 170	4 170
3	Начальная влажность зерна	W_1 %	—	16,47	16,65
4	Конечная влажность зерна	W_2 %	—	15,333	15,50
5	Вес зерна при выходе из кондиционера	G_2 кг/час	$G_2 = G_1 \frac{100 - W_1}{100 - W_2}$	4 114,12	4 113,29
6	Вес удаленной влаги в час	W_q кг/час	$W_q = G_1 - G_2$	55,88	56,71
7	Вес удаленной влаги в минуту	W_m кг/мин.	$W_m = \frac{W_q}{60}$	0,93	0,945
8	Вес сухого зерна на 1 кг испаренной влаги	$\frac{G_2}{W_q}$ кг/кг	—	73,8	72,5
9	Теплоемкость зерна по состоянию на выходе	c_2 кал./кг °C	$c_2 = W_2 + (1 - W_2)c_c$	0,466	0,467
10	Температура зерна при входе в кондиционер	ϑ_1 °C	—	14,1	23
11	То же при выходе	ϑ_2 °C	—	21,13	27
II. Воздух					
12	Минутный расход воздуха в кондиционере (по точкам 1, 2, 3, 4)	L_m кг/мин.	—	100,2	124
13	Приращение влагосодержания воздуха в кондиционере	d' г/кг	$d' = \frac{W_m}{L_m}$	9,3	7,63
14	Состояние воздуха при входе в кондиционер:				
	Температура	t_1 °C	—	14,0	22,12
	Относительная влажность	φ_1 %	—	52	68,5
	Влагосодержание	d_1 г/кг	по Yd диагр. по t_1 и φ_1	5,6	11,5
15	Конечное влагосодержание воздуха при выходе из кондиционера	d_2 г/кг	$d_2 = d_1 + d'$	14,9	19,13
16	Средневзвешен. температура воздуха при выходе из кондиционера (по точкам 1, 2, 3, 4)	t_2 °C	—	22	27,7

№ по пор.	Наименование величины	Обозначение и размерность	Формула	Значение величины	
				Зимний период	Летний период
17	Относительная влажность воздуха	$\varphi_2 \%$	по Jd диагр. по t_2 и d_2	95	75,5
18	Теплосодержание 1 кг водяного пара при состоянии воздуха при входе	$i'_n \text{ кал./кг}$	—	603,66	607
19	То же при состоянии на выходе	i''_n	—	607	609
III. Вода					
20	Часовой расход воды в кондиционере	$D_q \text{ кг/час.}$	—	5 000	4 320
21	Средняя температура воды в котле	$t'_k \text{ }^\circ\text{C}$	—	83,3	75
22	То же при входе в кондиционер	$t' \text{ }^\circ\text{C}$	—	75,72	70,2
23	То же при выходе из кондиционера	$t'' \text{ }^\circ\text{C}$	—	60,03	56,1
24	То же при входе в котел	$t''_k \text{ }^\circ\text{C}$	—	54,0	52,1
25	Приращение температуры воды в котле	$\Delta t_k \text{ }^\circ\text{C}$	$\Delta t_k = t'_k - t''_k$	29,3	22,9
26	Падение температуры воды в кондиционере	$\Delta t \text{ }^\circ\text{C}$	$\Delta t = t' - t''$	15,69	14,1
27	Тепло, оставленное водой в кондиционере в час	$Q_q \text{ кал./г}$	$Q_q = D \Delta t$	78 450	61 000
28	То же, отнесенное к 1 кг испаренной в кондиционере влаги	$q \text{ кал./кг}$	$q = \frac{Q_q}{W_q}$	1 400	1 070
IV. Топливо					
29	Суточный расход топлива (кокса)	$B_c \text{ кг/сутки}$	—	750	580
30	Часовой расход кокса	$B_q \text{ кг/час}$	—	31,2	24,2
31	Теплотворная способность кокса	$Q_H^p \text{ кал./кг}$	—	6 700	6 370

Продолжение							
№ по пор.	Наименование величины	Обозначение и размерность	Формула	Зима		Лето	
				кал./кг W	%	кал./кг W	%
	V. Тепловой баланс собственно кондиционера (на 1 кг влаги)						
32	Расход тепла на испарение 1 кг влаги	q_1 кал./кг	$i''_n - \vartheta_1$	592,9	42,3	586	55
33	Расход тепла на нагрев воздуха	q_2 "	$\left[(t_2 - t_1) 0,24 + (i''_n - i'_n) d_1 \right] \frac{L_m}{W_m}$	209	14,9	179	16,6
34	Расход тепла на нагрев зерна	q_3 "	$\frac{G_2}{W_q} c_2 (\vartheta_2 - \vartheta_1)$	242	17,3	135	12,6
35	Потери в окр. среду и неточность наблюдений	q_4 "	$q - (q_1 + q_2 + q_3)$	356,1	25,5	170	15,8
	Общая затрата тепла .	q кал./кг	—	1 400	100	1 070	100

Б. Тепловой баланс установки
(на 1 кг испаренной влаги)

№ по пор.	Наименование величины	Обозначение и размерность	Формула	Значение величины	
				Зимний период	Летний период
	I. Распределение тепла топлива				
1	Расход топлива на 1 кг испаренной влаги	b кал./кг	$b = \frac{B_q}{W_q}$	0,56	0,426
2	Расход тепла топлива на 1 кг испаренной влаги . . .	q_m кал./кг	$q_m = b \cdot Q_H^p$	3 752	2 720
3	Коэффициент последнего действия котла	η_k	$\eta_k = \frac{D_q \Delta t_k}{B Q_H^p}$	0,7	0,64
4	Потери в котле	$1 - \eta_k$	—	0,3	0,36
5	Тепловые потери в котле, отнесенные в 1 кг испарен. влаги	q_k кал./кг	$q_k = (1 - \eta_k) q_m$	1 125	980
6	Падение температуры в подающем трубопроводе	$t'_k - t' \text{ } ^\circ\text{C}$	—	7,58	4,8
7	Потери тепла в подающем трубопроводе на 1 кг испарен. влаги	q'_{mp} кал./кг	$q'_{mp} = \frac{D_q (t'_k - t')}{W_q}$	680	365
8	Падение температуры в обратном трубопроводе	$t'' - t''_k \text{ } ^\circ\text{C}$	—	6,03	4,0
9	Потери тепла в обратном трубопроводе на 1 кг испарен. влаги	q''_{mp} кал./кг	$q''_{mp} = \frac{D_q (t'' - t''_k)}{W_q}$	537	305

№ по пор.	Наименование величины	Обозначение и размерность	Формула	Зима		Лето	
				кал./кг W	%	кал./кг W	%
II. Тепловой баланс установки (р. № 5)							
10	Потери в котле	q_k кал./кг	—	1 125	30	980	36
11	Потери в подающем трубопроводе	$q_{1\text{тр}}$ "	—	680	18,2	365	13,6
12	Испарение в кондиционере	q_1 "	—	592,9	15,8	586	21,5
13	Нагрев воздуха	q_2 "	—	209	5,56	179	6,5
14	Нагрев зерна	q_3 "	—	242	6,44	135	5,0
15	Потеря в окружающую среду кондиционером	q_4 "	—	356,1	9,50	170	6,2
16	Потеря в обратном трубопроводе	$q''_{\text{тр}}$ "	—	537	14,3	305	11,2
Итого		—	—	3 742,0	99,8	2 720	100
Невязка		—	—	10,0	0,2	—	—
Полная затрата тепла топлива на 1 кг испарен. влаги		q_m кал./кг	—	3 752	100	2 720	100

вления секционных балансов является невозможность определения температуры воздуха при входе в каждую секцию. Очевидно эта температура будет выше температуры наружного воздуха за счет нагрева его по пути к той или иной секции. Это привело к неполным тепловым секционным балансам, в которых прямым методом определены только затраты тепла на испарение влаги и нагрев зерна (табл. 5).

В. Посекционные балансы тепла

Выше отмечалось, что произведенные исследования не позволили полностью отразить распределение тепла между отдельными секциями кондиционера в силу невозможности определения расходов воды в каждой секции и температуры воздуха, входящего в данную секцию. В силу этого при составлении секционных тепловых балансов прямым методом на основании полученных при наблюдениях данных определялись лишь расходы тепла на испарение влаги и нагрев зерна в каждой секции. Что касается остальных расходных статей, то такие могут быть взяты лишь для кондиционера в целом. При таких условиях секционные балансы тепла представлены в нижеследующей таб. 6 для зимнего и летнего режима для учтенных расходов и в табл. 7—с неучтенными потерями.

Тепловые секционные балансы (учтенные расходы) (к 1 часу)

Наименование величины	Секции Обозн. и размер	Зимний режим				Летний режим					
		Охлажд.				Охлажд.					
		I	II	III	IV	I	II	III	IV		
1. Температура зерна при входе в секцию	ϑ_1 °C	14,1	20	27,2	30,86	36,40	23	27,25	31,5	37,5	38,5
2. Температура зерна при выходе из секции	ϑ_2 °C	20	27,2	30,86	36,40	21,13	27,25	31,5	37,5	38,5	27,0
3. Начальная влажность зерна	W_1 %	16,47	16,47	16,223	15,873	15,603	16,65	16,65	16,25	16,0	15,8
4. Конечная влажность зерна	W_2 %	16,47	16,223	15,873	15,603	15,333	16,65	16,25	16,0	15,8	15,5
5. Начальный вес зерна при входе	G_1 кг/час	4170	4170	4157,5	4140	4126,7	4170	4170	4150	4137,55	4127,62
6. Конечный вес зерна при выходе	G_2 " "	4170	4157,5	4140	4126,7	4114,12	4170	4150	4137,55	4127,62	4113,29
7. Вес испарен. в час влаги	W_q " "	0	12,5	17,5	13,3	12,58	0	20	12,45	9,93	14,33
8. Вес сухого зерна, отнесен. к 1 кг W	$\frac{G_2}{W_q}$ кг/кг	—	332	236	310	329	—	237	332	415	287
9. Теплоемкость зерна при сост. выхода	c_2 кал./кг °C	0,474	0,472	0,47	0,468	0,466	0,474	0,4725	0,471	0,47	0,468
10. Температура воздуха при выходе	t_2 °C	—	26	26	20	18	—	30	30,5	31	25,5
11. Замеренная относит. влажность воздуха там же	φ'_2 %	—	—	—	—	—	—	80	81	85	70
12. Минутный расход воздуха	L кг/мин.	—	22,6	22,6	16,43	38,5	—	18,7	17,6	19,7	68
13. Удельный расход воздуха	l кг/кг W	—	108,5	77,7	74,2	185	—	64,2	84,8	119	285
14. Приращение влагосодержания воздуха	d' г/кг	—	9,2	12,9	13,5	5,4	—	15,6	11,8	8,4	3,38
15. Конечное влагосодержание воздуха	d_2 " "	—	14,8	18,5	19,1	11,0	—	27,1	23,3	19,9	14,88
16. Относительная влажность воздуха на выходе (по d в диаграмме)	φ_2 %	—	70	90	>100	85	—	97	83	72	73
17. Теплосодержание 1 кг водяного пара там же	i'' кал./кг	—	608,2	608,2	605,8	604,0	—	609	609,3	609,5	607
18. Расход тепла в час на испарен. влаги	Q_1 кал./час	—	7350	10180	7650	7080	—	11720	7180	5680	8350
19. Расход тепла в час на нагрев зерна	Q_2 " "	11650	14100	7100	10690	—29200	8390	8330	11700	1940	—22100
20. Итого учтенных расходов	$Q_1 + Q_2$ " "	11650	21450	17280	18340	—22120	8390	20050	18880	7620	—13750

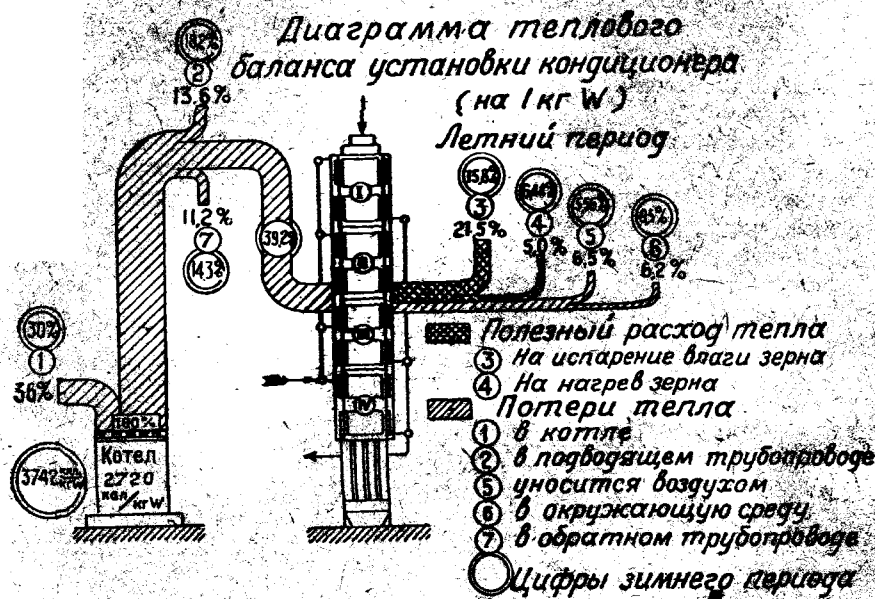


Рис. 5

Таблица 7

**Секционные балансы с неучтенными потерями
(отнесены к 1 часу, кал./час)**

Наименование	Зимний режим	Летний режим
1. Расход тепла по секциям с учетом испарения в охлажденной секции	75 800	63 290
2. Оставлено водой в кондиционере	78 450	61 000
3. Охлаждение зерна в охлаждающей секции	29 200	22 100
4. Всего оставлено тепла водой и зерном	107 650	83 100
5. Тепло, идущее на покрытие потерь в окружающую среду и на нагрев воздуха (п. 4—п. 1)	31 850	19 810
6. Расходуются на нагрев воздуха (из баланса тепла собственно кондиционера)	11 650	10 130
7. Теряется в окружающую среду и неточность наблюдений (п.п. 5—6)	20 200	9 680
8. То же от тепла, оставленного водой, в %	25,7	15,8

4. Коэффициент теплопередачи в кондиционере Бюлера

Одним из основных показателей кондиционера, характеризующих работу теплопередающей поверхности нагрева, является коэффициент теплопередачи от горячей воды к зерну, омывающему поверхность радиаторов снаружи.

Аналитическое определение его не представляется возможным в силу того, что передача тепла от наружной поверхности к зерну и

воздуху осуществляется по значительно более сложным законам, нежели основные законы теории передачи тепла. В силу этого небезинтересным должно быть определение значения коэффициента теплопередачи в условиях произведенных опытов на кондиционере 2-й госмельницы.

В условиях кондиционера направление тепловых потоков имеет характер перекрестных токов. Определяя для этого направления разность температур воды и зерна как среднюю из противотока и прямого тока, находим:

Для зимнего режима:
при противотоке

$$\tau'_z = \frac{(60,03 - 14,1) - (75,72 - 36,4)}{\ln \frac{45,93}{39,32}} = 42^\circ \text{Ц},$$

при прямом токе

$$\tau''_z = \frac{(75,72 - 14,1) - (60,03 - 36,4)}{\ln \frac{61,62}{23,63}} = 39,8^\circ \text{Ц}.$$

Принимается для зимнего режима средняя разность температур в нагревательных секциях:

$$\tau_{z, \text{ср}} = 41^\circ \text{Ц}.$$

Для летнего режима соответственно находим:
для противотока

$$\tau'_л = \frac{(56,1 - 23) - (70,2 - 38,5)}{\ln \frac{33,1}{31,7}} = 30,4^\circ \text{Ц},$$

для прямого тока

$$\tau''_л = \frac{(70,2 - 23) - (56,1 - 38,5)}{\ln \frac{47,2}{17,6}} = 30^\circ \text{Ц}.$$

Принимается для летнего периода:

$$\tau_{л, \text{ср}} = 30,2^\circ \text{Ц}.$$

Учитывая, что поверхность нагрева нагревательных секций составляет $57,2 \text{ м}^2$, количества же тепла, переданные водой в зимнее время— 78450 кал./час. , в летнее время— 61000 кал./час. , определим коэффициенты теплопередачи для соответствующих периодов:

$$\text{в зимнее время } K = \frac{78450}{41 \cdot 57,2} = 33,4 \frac{\text{кал.}}{\text{м}^2 \text{Цч}},$$

$$\text{в летнее время } K = \frac{61000}{30,2 \cdot 57,2} = 35,3 \frac{\text{кал.}}{\text{м}^2 \text{Цч}},$$

т. е., как видно, оба режима дают приблизительно сходящиеся значения коэффициентов теплопередачи. Относительно невысокое значение коэффициента теплопередачи может быть объяснено невысокими скоростями воды в системе радиаторов кондиционера, а также условиями отдачи тепла от поверхности нагрева в среду (зерно и воздух), как это можно видеть из следующих данных.

При живом сечении одного элемента $0,00327 \text{ м}^2$ сечение для прохода воды в четырех нагревательных секциях составит $4 \cdot 9 \cdot 0,00327 = 0,118 \text{ м}^2$. Следовательно, скорость воды в радиаторах найдется:

$$\text{в зимнее время } W_s = \frac{5,0}{0,118 \cdot 3600} = 0,0118 \text{ м/сек},$$

$$\text{в летнее время } W_l = \frac{4,32}{0,118 \cdot 3600} = 0,0102 \text{ м/сек}.$$

Если принять среднюю температуру стенки радиатора 55° для зимы на основании формулы Зеннекена для определения частного значения коэффициента теплоперехода от воды к стенке,

$$\alpha_1 = 735 (1 + 0,014 t_{ст})^{\frac{W^{0,7}}{d^{0,8}}}$$

найдем соответствующие значения α_1 для зимнего режима

$$\alpha_1 = 735 (1 + 0,014 \cdot 55) \frac{0,0118^{0,7}}{0,064^{0,8}} = 133 \frac{\text{кал.}}{\text{м}^2 \text{ } ^\circ\text{C} \text{ ч}},$$

и для летнего режима при $t_{ст} = 53^\circ\text{C}$

$$\alpha_1 = 735 (1 + 0,014 \cdot 53) \frac{0,0102^{0,7}}{0,064^{0,8}} = 116 \frac{\text{кал.}}{\text{м}^2 \text{ } ^\circ\text{C} \text{ ч}}.$$

Пользуясь выражениями для общего коэффициента теплопередачи

$$\frac{1}{K} = \frac{1}{\alpha_1} + \frac{1}{\alpha_2},$$

можем определить коэффициенты теплоперехода α_2 :

$$\text{для зимнего режима } \alpha_2 = 44,5 \frac{\text{кал.}}{\text{м}^2 \text{ } ^\circ\text{C} \text{ ч}},$$

$$\text{для летнего режима } \alpha_2 = 50,8 \frac{\text{кал.}}{\text{м}^2 \text{ } ^\circ\text{C} \text{ ч}}.$$

Температура стенки трубы радиатора в среднем для кондиционера найдется для

$$\text{зимнего режима } t_{ст.з.} = \frac{133 \cdot 67,87 + 44,5 \cdot 25,25}{133 + 44,5} = 57^\circ,$$

где средняя температура воды— $67,87^\circ$ для этого режима
зерна— $25,25$ " " "

Для летнего режима при средней температуре воды в кондиционере— $63,15^\circ$ и зерна— $30,75^\circ$ (для нагревательных секций) средняя температура стенки $t_{ст.л.} = \frac{116 \cdot 63,15 + 50,8 \cdot 30,75}{116 + 50,8} = 53,5^\circ\text{C}$. Как видно, полученные температуры $t_{ст}$ мало отличаются от принятых при расчете α_1 .

5. Удельные показатели работы кондиционера Бюлера

Удельные показатели работы кондиционера могут быть сведены к следующим:

$\frac{Q}{F}$ — количество тепла, отданного 1 м^2 поверхности радиаторов;

$\frac{F}{W_{\text{ч}}}$ — число квадратных метров поверхности радиатора, приходящихся на 1 кг испаренной в час влаги в кондиционере;

q — удельный расход тепла на 1 кг испаренной влаги;
 η_k — коэффициент полезного действия собственно кондиционера, исчисляемый как отношение суммы расходов тепла на испарение влаги и на нагрев зерна к теплу, оставленному в кондиционере водой;

$\eta_{k.у.}$ — коэффициент полезного действия установки кондиционера, определяемой как отношение тепла, затраченного на испарение и нагрев зерна, к теплу, внесенному топливом в котел.

В соответствии с приведенными показателями ниже (табл. 8) приводятся данные по зимнему и летнему режиму.

Таблица 8

Удельные показатели кондиционера

№ п/п.	Удельные показатели	Зимний режим	Летний режим	Данные Саймона
1	Тепло, отдан. водой 1 м ² поверхности нагрева $\frac{Q}{F}$	1370	1065	1600
2	Поверхность на 1 кг влаги в час $\frac{F}{W_q}$	1,02	1,01	0,4
3	Удельный расход тепла на 1 кг Wq	1400	1070	—
4	К. п. д. собственно кондиц. η_k	59,6	67,6	—
5	К. п. д. установки кондиц. $\eta_{k.у.}$	22,24	26,5	—

6. Анализ балансов кондиционера

Приведенные выше материалы позволяют отметить следующие недостатки исследованного кондиционера в условиях его эксплуатации на 2-й госмельнице.

Прежде всего необходимо указать, что кондиционер в условиях его исследований, протекающих при нормальных эксплуатационных условиях, не был отрегулирован, следовательно, и режим кондиционирования не может быть признан нормальным. Если обратиться к табл. 2, дающей распределение температур воды, то, как видно, снижение температур воды по секциям колеблется в значительных пределах.

Это обстоятельство свидетельствует о неправильном распределении воды между отдельными нагревательными секциями. Это же вытекает и из табл. 6 секционных балансов, из коих видно, что тепловая нагрузка между секциями распределяется неравномерно: максимально нагруженной является в обоих режимах вторая сверху нагревательная секция. При таких условиях эта секция должна пропустить большее количество воды по сравнению с остальными для достижения более равномерного перепада температур воды в секциях.

Принятый метод изменения режима кондиционера путем изменения температуры воды в котле независимо от потребного распределения температуры воды в кондиционере, естественно, должен быть признан неэкономичным. Регулировка пропуском воды через отдельные секции при установлении общего температурного режима кондиционирования зерна должна уступить регулировке путем изменения температуры воды в котле лишь при изменении сорта и влажности зерна, а также при изменении температуры воздуха.

Производительность кондиционера по зерну находится в пределах заводских данных, однако по влажности она недостаточна: достигаемое снижение влаги составляет 1,13—1,15 % абсолютных. Объяснение этому отчасти следует искать, как показывают произведенные наблюдения, в воздушном и тепловом режимах кондиционера.

Относительная влажность воздуха при выходе из кондиционера, в зимнее время определена в среднем для всего кондиционера 95%, причем в отдельных секциях влажность φ_2 превышала 100% (см. табл. 6), что подтверждается также данными наблюдений. Столь высокая влажность воздуха свидетельствует о недостаточности воздуха в зимнее время. В летнее время величина φ_2 также в некоторых секциях предельно высока, в общем для всего кондиционера составляя 75,5%. Учитывая высокое значение количества воздуха, проходящего через охлаждающую секцию в летнее время (см. табл. 6) в условиях опытов, можем констатировать повышенное значение относительной влажности φ_2 для нагревательных секций, т. е. и в летнее время воздух не может обеспечить возможный отвод влаги из зерна. С другой стороны, в условиях летнего режима температура воды в котле также до известной степени явилась лимитирующим производителем кондиционера по влаге фактором.

Переходя к тепловым балансам собственно кондиционера, необходимо отметить относительно высокое значение остаточного члена, учитывающего тепловые потери кондиционером в окружающую среду и неточность наблюдений. Особенно велика эта потеря в зимнее время, когда она доходит до 25,5%, в летнее же время около 16% (табл. 5). Столь высокое значение вызвано неудачным местом установки кондиционера непосредственно у наружных, постоянно открытых дверей. Однако несмотря на повышенное значение этой потери величина к. п. д. собственно кондиционера, исчисленная как сумма тепла на испарение влаги и нагрев зерна, имеет все же сравнительно высокое значение, в основном определяемое работой на малых количествах воздуха. В летнее время к. п. д. собственно кондиционера на 13% выше, нежели в зимнее время, главным образом за счет потерь в окружающую среду и на нагрев зерна.

В соответствии с этим удельный расход тепла на 1 кг испаренной влаги в летнее время ниже, нежели в зимнее время (см. табл. 5 и 8).

Если коэффициент полезного действия собственно кондиционера может быть признан удовлетворительным, то к. п. д. всей установки кондиционера в значительной степени получен заниженным: в зимнее время 22,24 и летом 26,5 %.

При сравнительно хороших условиях работы котла (к. п. д., считая по расходу тепла на нагрев воды в зимнее время 0,7 и в летнее время¹ 0,64) весьма велики тепловые потери в прямом и обратном трубопроводах, достигающие 32,5% от тепла топлива в зимнее время и 24,8% в летнее время. Столь исключительно высокие потери, объясняемые тем, что неизолированные на 45% трубопроводы проложены в неотапливаемых помещениях, являются другим весьма серьезным фактором недостаточного съема влаги с кондиционера. При относительно высокой температуре воды в котле в зимнее время ($\infty 83^\circ$) температура ее при входе в кондиционер составляет в среднем $\infty 75^\circ$ в подающем стояке. При таких условиях к. п. д. установки кондиционера не может быть признан удовлетворительным

¹ Преувеличенное значение потерь котлом в летнее время по сравнению с зимним объясняется, повидимому, значительно меньшей нагрузкой котла и возможным его загрязнением.

и безусловно может быть повышен путем тщательной изоляции прямых и обратных трубопроводов.

Если предположить, что при нормальной изоляции потеря тепла трубопроводами должна быть не более 10%, то на дополнительное снижение влаги могло бы быть использовано

$$(0,325-0,1) \cdot 3752 = 840 \text{ кал.}$$

В предположении, что на каждый килограмм испаренной влаги в установке расходуется $\infty 1000$ кал., найдем, что за счет найденного выше тепла могло бы быть дополнительно испарено 0,84 кг влаги, т. е. производительность кондиционера достигла бы нормальных для него значений при той же температуре воды в котле. При этом, однако, следует иметь в виду необходимость увеличения расхода воздуха, так как при существующем воздушном хозяйстве кондиционера, как уже указывалось нами выше, повышение производительности кондиционера лимитировано.

Переходя к выведенным в табл. 8 удельным показателям кондиционера, видим, что они полностью согласуются и вытекают из тепловых балансов. В силу указанных уже выше причин показатели работы кондиционера в летнее время более высокие, нежели в зимнее время. Сравнение же полученных на кондиционере 2-й госмельницы данных с данными Саймона свидетельствуют о том, что показатели на 2-й госмельнице ниже. Так, по Саймону тепловая нагрузка поверхности нагрева в 1,14 раза выше, нежели зимняя нагрузка испытанного кондиционера и в 1,5 раза выше летней. Более высокая нагрузка поверхности нагрева по Саймону отчасти может быть объяснима тем, что температура воды при входе в кондиционер составляла $93,3^\circ$, вместо имевшей место в условиях 2-й госмельницы в зимнее время— $75,72^\circ$ и в летнее время— $70,2^\circ$.

Что касается другой характеристики кондиционера (поверхности нагрева кондиционера, приходящейся на 1 кг испаренной в час влаги, $\frac{F}{W}$), то таковая по Саймону ниже имеющих место в условиях 2-й госмельницы (в 2,5 раза). Однако нам представляется, что у Саймона эта величина занижена из следующих соображений.

Если взять произведение обоих выведенных показателей $\frac{Q}{F}$ и $\frac{F}{W_q}$, то оно представит расход тепла на 1 кг испаренной влаги, т. е. удельный расход тепла q .

Это произведение у Саймона должно дать

$$1600 \cdot 0,4 = 640 \text{ кал./кг } W,$$

каковая величина вряд ли может иметь место в кондиционерах даже большой его производительности по влаге и высоком коэффициенте полезного действия.

7. Выводы

1. Кондиционер на 2-й госмельнице при существующих методах эксплуатации и технологического процесса снижает влажность зерна на 1,13—1,15% абсолютных при производительности его по зерну 100 т в сутки.

2. Пониженная производительность по влаге может быть объяснена, с одной стороны, недостаточной производительностью вентилятора, при каковых условиях относительная влажность воздуха на выходе из кондиционера предельно высока, а с другой—тепловым режимом.

3. Тепловой режим кондиционера не может быть признан отрегулированным и соответствующим оптимальным его условиям работы.

4. Коэффициент полезного действия установки кондиционера очень низок, что объясняется значительными тепловыми потерями в трубопроводах.

5. Конструктивное выполнение отводящих воздух патрубков и применение поворотных клапанов неудачно в силу того, что суженное отверстие входа способствует увлечению зерна при полном открытии регулирующих клапанов и закупориванию патрубков мелким зерном и оболочками.

Пигменты зерна и метод определения качества муки по окраске щелочных вытяжек

Современный вальцовый помол ставит своей задачей наиболее тщательное отделение наружных оболочек (клетчатки) и зародыша зерна от центральной его части—эндосперма, который затем переводится в муку.

Для технологической характеристики качества помола и его чистоты могут служить показателями такие химические соединения или группы их, которые по анатомическому строению распределены не равномерно по зерну, а сосредоточены целиком или в большей своей части на периферийной или внутренней частях зерна. Такими показателями, могущими более правильно характеризовать качество помола, является клетчатка, пентозаны и крахмал, количество которых правильно изменяется с увеличением выходов. Однако вследствие неточности, сложности и длительности всех этих определений они редко или даже совсем не применяются в мельничной практике.

Из других показателей, могущих также до известной степени характеризовать качество помола, можно назвать общую зольность, водорастворимую золу, жиры, белковые вещества, кислотность, каталазу и др.

Однако из всех этих показателей наиболее широкое применение получила зольность.

Впервые зольность была рекомендована Снайдером в 1905 г. и в течение многих лет применяется в мельничной практике как показатель качества муки, а также для контроля производства во всех странах. Метод определения золы путем сжигания продукта при высоких температурах является одним из наиболее точных и в этом его преимущество перед другими методами, этим и объясняется его широкое применение на практике.

Минеральные вещества, составляющие золу, сосредоточены в наибольшем количестве в алейроновом слое—более 8%, затем в зародыше—около 5%. Наименьшее количество их в эндосперме—0,3—0,5%. Внешние оболочки содержат их около 2—2,5%. Хотя большая часть зольных элементов и сосредоточена на периферии, однако они мало связаны с основным показателем качества помола—наружными оболочками (клетчаткой), почему строгой зависимости между зольностью и выходами не имеется. Подтверждением этого может служить работа Seidel⁽¹⁾ (1924); в приводимой им диаграмме видно, что зольность может характеризовать качество помола лишь до известной степени. Наибольшее количество золы приходится приблизительно на 87% выхода, а далее наблюдается понижение золы, почему, например, мука выхода 30—80% имеет примерно ту же зольность, как и выходы 0—85%, и т. д. при разном содержании клетчатки и степени белизны муки.

Процентное содержание клетчатки и пентозанов правильно повышается, а содержание крахмала правильно понижается с выходами.

Оболочки зерна, попадающие в муку и называемые „отрубьянистыми частицами“, представляют сырую клетчатку и состоят из чистой клетчатки, полуклетчаток и инкрустирующих веществ. Жирные отруби заключают еще жир и белок (частицы алейронового слоя).

Обычно за количество сырой клетчатки принимается не вся находящаяся в зерне клетчатка, а лишь та незначительная ее часть, которая должна характеризовать неперевариваемую человеком ее часть.

Обычно определение клетчатки состоит в обработке муки кислотой и щелочью определенной крепости (1,25%), причем большая часть полуклетчаток и лигнинов растворяется, а промытый остаток принимается за сырую клетчатку. Такое толкование клетчатки можно считать правильным лишь для характеристики муки как пищевого продукта. Для технологической же оценки продуктов помола необходимо уточнение этого понятия.

Если рассматривать зерно пшеницы и ржи, то мы видим, что зерно пшеницы имеет разный характер окраски: между светложелтым, желто-красным и коричнево-красным. Окраска зависит от заключающихся в оболочках красновато-коричневых пигментов. Алейроновый слой не содержит пигментов. Цвет зерна зависит от степени окраски семенных оболочек, а его оттенок кроме того от мучнистости или стекловидности ядра.

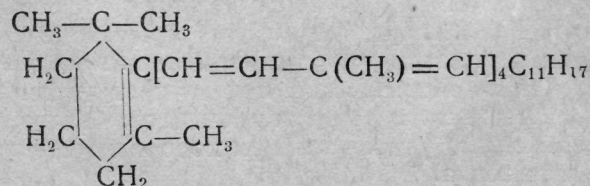
Не все виды пшениц пигментированы в одинаковой степени. Зерно ржи имеет другую окраску—от серо-зеленого до темнокоричневого. Окраска эта обусловлена присутствием пигментов в алейроновом слое, часто имеющих синий цвет. Плодовые и семенные оболочки окрашены в светложелтый цвет.

Bailey⁽²⁾ в 1925 г. установил основные факторы, которые влияют на цвет муки. Rüter⁽³⁾ в 1931 г. дал критику методов исследования цвета муки и влияния отдельных факторов, как то: влаги, крупноты помола, света и других, на степень интенсивности окраски муки.

На основании этих данных, а также наблюдений других авторов заключаем, что цвет муки зависит главным образом от: 1) влажности (Alcock и Ediger)⁽⁴⁾; 2) крупности частиц (Schollenberger⁽⁴⁾; Marschall и Gess в 1912 г.); 3) содержания пигментированных отрубьянистых частиц; 4) наличия грязи, посторонних примесей (земли), сорных трав, спор, ржавчины и 5) содержания каратиноидных и других пигментов зерна. Bertrand и Muttermilch⁽⁵⁾ в 1907 г. обнаружили еще коричневый пигмент, образующийся от действия ферментов глютеназы и тиразиназы на белковые вещества муки. Из пигментов зерна наиболее известны каратиноидные пигменты. Bailey⁽²⁾ в 1925 г., Geddes, Binnington и Whiteside⁽⁶⁾ в 1929 г. приводят характеристику и методы определения каратиноидных пигментов в зерне и муке. Из пигментов зерна наиболее изученным является каротин.

Каротин (C₄₀H₅₆) представляет непредельный углеводород красного цвета, температура плавления 168°. Очень легко окисляется. Растворяется в этиловом эфире, петролейном эфире, хлороформе, сероуглероде, четыреххлористом углероде, эфирных и жирных маслах и олеиновой кислоте. Кристаллы каротина нерастворимы в абсолютном спирте. Кипячение со щелочами не оказывает никакого влияния на каротин.

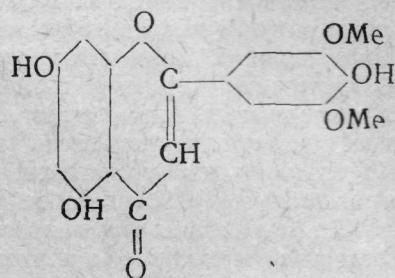
По Karrer и Gelfenstein⁽⁷⁾ 1929 г. вероятная формула каротина



Ксантофил ($C_{40}H_{56}O_2$). Желтый пигмент, температура плавления 172° . Ксантофилов известно несколько, они отличаются один от другого главным образом положением полос в спектре поглощения, растворимостью и окраской в разных растворителях.

Пигменты оболочек зерна. Природа и строение этих пигментов мало изучены. К этой группе относятся красновато-коричневые пигменты тонких оболочек красных пшениц, а также пигменты плодовых и семенных оболочек желтого цвета. Markley и Bailey⁽³¹⁾ в 1935 г. указали, что кроме растворимых в жирах каротиноидных пигментов в пшенице имеются пигменты, относящиеся к группе флавонов фенольного характера, которые в отличие от каротиноидов растворяются в воде. Указанные авторы, а также Andersen и Perkin⁽³⁰⁾ в 1931 г., Ferrarì и Bailey⁽¹⁶⁾ в 1929 г. нашли, что спирт определенной концентрации (50—67%) и водный ацетон (50%) являются лучшими растворителями пигментов типа флавонов. Markley и Bailey в 1935 г. произвели по методу Stoll и Willstätter⁽³²⁾ 1913 г. разделение пигментов пшеницы, беря в основу разную растворимость пигментов, причем нашли, что для их извлечения лучшими растворителями являются нефтяные и водно-щелочные метанольные растворы, дающие наибольшую четкость и ясность разделения. После двух разделений весь ксантофил переходит в метанольный раствор, а каротиноиды—в нефтяную вытяжку. Каротиноидная фракция нефтяной вытяжки состоит исключительно из каротина. Измерения спектропоглощения показали кроме того, что каротин состоит из α и β форм. Метаноловая вытяжка содержит ксантофил и коричневый пигмент неизвестной природы. В оставшейся вытяжке при фракционном разложении были найдены: трицин, флавоны и пигменты неизвестной природы.

Andersen и Perkin⁽³⁰⁾ в 1931 г. дали пигменту название „трицин“, а Andersen в 1932 г. дал ему следующую формулу:



Методы определения качества муки по цвету

Основная масса пшеничной муки имеет желтый с красноватым оттенком цвет, а ржаная—синеватый оттенок. Присутствие в муке отрубянистых частиц придает ей пеструю окраску. Цвет муки, как и вообще всякий цвет, необходимо разделить на две группы: на цветные (хроматические, спектральные)—желтый, красный, синий и т. д., которые характеризуются тоном, точно определяемым длиной волны или местом в спектре, и бесцветные (ахроматические), к которым относятся белый цвет, черный и серый, представляющие смесь белого с черным в различных соотношениях. Абсолютно чистые цвета в природе почти не встречаются, почему цвет предметов всегда представляет собой смесь этих трех компонентов: белого, черного и цветного, что и необходимо учитывать при колориметрических анализах продуктов помола зерна.

Из методов непосредственной оценки качества муки по цвету наиболее старым является сравнение цвета муки по способу Пекара. Образцы выравниваются и непосредственно сравниваются сухими или смоченными водой. Для большей четкости сравнения последние иногда еще высушиваются и сравниваются. Иногда вместо воды мука смачивается водными растворами анилина, перманганата и др. Из методов, не получивших, однако, распространения, можно указать на следующие: Liebermann и Andriska⁽⁹⁾ (1911)—обработка муки спиртом и сравнение, Fornet⁽¹⁰⁾ (1932)—смачивание муки щелочью и сравнение, Wiedmann⁽¹¹⁾ (1921)—обработка муки щелочью и бромной водой, Colendoli⁽¹²⁾ (1918)—смачивание конц. соляной кислотой. В последнее время для количественного учета степени окраски муки предложен ряд специальных приборов. Rüter⁽¹³⁾ (1931) предлагает вести сравнение в фотометре Pulprich; Wolski⁽¹⁴⁾ (1931)—сравнить в универсальном фотометре Ostwald; Hardy, Cole и Richer⁽¹⁵⁾ (1929)—в спектрофотометре Ferrari и Bailey⁽¹⁶⁾ (1929)—в специальном спектрофотометре; Пузрин и Егоров⁽¹⁷⁾ (1936)—в фотоанализаторе путем просвечивания теста с применением фотоэлемента.

Методов оценки муки по цвету мучных вытяжек имеется также несколько. Основную роль здесь играет растворитель или реактив, которым действуют на муку.

В зависимости от свойств растворителя в раствор перейдут определенные группы веществ непосредственно или в химически измененном состоянии.

Наиболее распространенным методом этой группы является колориметрический метод по окраске газолиновой вытяжки, по так называемой „газолиновой цветной пробе“, разработанный Winton⁽¹⁸⁾ в 1911 г. Окрашенная каротином газолиновая вытяжка сравнивается в колориметре со стандартными цветными растворами. Чистый каротин вследствие нестойкости оказался неподходящим. В качестве стандартного раствора Winton⁽¹⁸⁾ применял хромокалиевую соль, Willstätter и Stoll⁽¹⁹⁾ (1913) применяли двуххромокалиевую соль, Yörgensen⁽²⁰⁾ (1927) модифицировал стандарт Winton растворением хромокалиевой соли в буферном растворе подходящего pH, Kent-Yones и Herd⁽²¹⁾ (1927) рекомендовали брать смесь хромокалиевой и азотнокобальтовой солей, Sprague⁽²²⁾ (1928) применял водный раствор нафтол желтого и оранжевого, Kuhn и Brockmann⁽²³⁾ (1932) применяли азобензон, Озолин и Домбровский⁽²⁴⁾ (1929) применяли двуххромокалиевую соль и хлористый кобальт и Alisaringelb K. Указанные работы относились главным образом к подысканию подходящего для сравнений с газолиновой вытяжкой цветного стандартного раствора. Кроме того исследования шли в сторону уточнения самого способа сравнения. Для этих целей были предложены колориметры системы Dubosqu. Kent-Yones⁽²⁵⁾ (1927) предлагает специальный колориметр Scherz⁽²⁶⁾ (1923)—колориметр и спектрофотометр, Geddes, Binnington, Whiteside⁽⁶⁾ (1934), Ferrari и Bailey⁽¹⁶⁾ (1929) предлагают специальные типы спектрофотометров.

Кроме газолинового раствора для определения качества муки по окраске вытяжек Kent-Yones и Herd⁽²¹⁾ (1927) предложили применять слабощелочную, метилщелочную вытяжку, Vissert Hooft и Leew⁽²⁷⁾ (1928) дают критическое обследование метода; Kent-Yones и Herd⁽²⁸⁾ (1929) возражают на критику. Simpson⁽²⁹⁾ (1935) предлагает производить определение каротина в ацетоновой вытяжке, а затем раствор обработать 80%-ным ацетоном и аммиаком. Получающаяся при этом желтая окраска может служить показателем выхода муки. Озолин и Домбровский⁽²⁴⁾ (1929) предложили применять для характеристики качества помола извлечение пигментов посредством спиртового раствора едкого калия.

Экспериментальная часть

В основу настоящей работы положено извлечение щелочами красящих веществ, находящихся в оболочках зерна, с последующим их количественным определением путем сравнения полученного раствора со стандартными цветными растворами. Красящие же вещества, тесно связанные с оболочками зерна, могут служить правильным количественным показателем нахождения последних в муке и тем самым характеризовать чистоту помола.

Кроме того имелось в виду, чтобы разрабатываемый метод был по возможности быстрым, достаточно точным, не требовал дорогих и сложных приборов для его выполнения и мог бы быть проводим даже невысококвалифицированным работником.

Как известно, водные вытяжки отрубей окрашены в темнобурый цвет, тогда как вытяжки лучших сортов муки почти бесцветны. Однако непосредственное определение качества муки по интенсивности окраски водных вытяжек вследствие их мутности, очень слабой окраски и очень медленного фильтрования оказалось мало пригодным для характеристики качества помола. При исследовании действия щелочей и кислот на водные вытяжки разных сортов муки кислоты не оказывали заметного влияния на изменение цвета вытяжки, тогда как щелочи окрашивали вытяжки в красновато-желтый цвет, усиливающийся к худшим сортам. При нейтрализации таких растворов желтый цвет пропадает. При прибавлении щелочи желтый цвет снова восстанавливается, что указывает на то, что красящее вещество представляет собою вероятно слабую кислоту.

При обработке муки водными растворами щелочей наблюдаются такие же явления: растворы муки также окрашиваются в желтый с красноватым оттенком цвет. Разница, однако, здесь в силе окраски между щелочными вытяжками первых и последних сортов муки настолько значительна, что дает возможность этот интервал разделить на большое количество цветных промежутков, хорошо различаемых глазом. Если щелочные растворы муки нагревать, то интенсивность окраски увеличивается и они окрашиваются в интенсивно желтый, желто-бурый цвета.

Для выяснения, какие вещества, входящие в состав зерна, окрашивают щелочные растворы и какое при этом действие на окрашивание оказывает температура, был испытан ряд веществ, входящих в состав зерна, как это видно из табл. 1.

Из таблицы видно, что из углеводов—крахмал, декстрины сахара, чистая клетчатка, а также эндосперм пшеницы в целом на холоде не окрашивают щелочных растворов, оставаясь при стоянии бесцветными довольно продолжительное время. Лишь сахара при более значительном стоянии (сутки) окрашивают раствор в желтый цвет, который при дальнейшем стоянии исчезает. Плодовые оболочки, снятые с размоленного зерна, окрашиваются в желтый цвет, переходящий через некоторое время в раствор. Отруби окрашивают раствор в интенсивный желто-красный цвет. Эти данные указывают, что вещества, окрашивающие щелочные вытяжки, сосредоточены в оболочках и частично растворимы в воде, а также в спирте. Как видно из таблицы, многие вытяжки, оставаясь на холоде бесцветными, при нагревании окрашиваются, почему приготовление вытяжек необходимо производить только на холоде.

Исследуя действие щелочных водных растворов разных концентраций на муку, замечено было, что концентрация при этом имеет большое значение как в отношении полноты извлечения окрашивающих веществ, так и в отношении быстроты фильтрования и получения

Таблица 1

Действие щелочи на окраску белков, углеводов и жиров на холоде и при нагревании

№ п/п.	Наименование	Время действия (в час.)	Цвет вытяжки	
			на холоде	при нагревании
1	Глюкоза чистая	6	бесцветная	желтый
2	Глюкоза сырая	6	"	желто-бурый
3	Мальтоза	6	"	желтый
4	Сахароза	6	"	желто-бурый
5	Лактоза	6	"	желтый
6	Фруктоза	6	"	"
7	Галактоза	6	"	"
8	Декстрин	6	"	"
9	крахмал	6	"	бесцветный
10	Клетчатка чистая	6	"	"
11	Белок яичный	6	"	желтый
12	Белок сухой	6	"	бесцветный
13	Аспаргиновая кислота	6	"	"
14	Клейковина пшеницы	6	"	слабожелтый
15	Растительные масла	6	осадок (омыление)	—
16	Оболочки плодовые	6	желтый	—
17	Отруби	6	желтый с красноватым оттенком	—
18	Эндосперм пшеницы	6	бесцветный	бесцветный
19	Водные мучные вытяжки	6	желтый	—

прозрачных растворов. Так, 1,5%-ный раствор едкого калия вызывает такое сильное набухание крахмала в муке, что фильтрование такого раствора становится невозможным. Более же слабые растворы фильтруются крайне медленно, не до конца, и фильтрат получается мутным. Достигнуть прозрачности раствора можно только многократным фильтрованием. Желая создать среду, с одной стороны, препятствующую набуханию крахмала от действия щелочей и тем самым способствующую быстрому фильтрованию, а с другой—позволяющую применять едкий калий в более сильной концентрации для получения совершенно прозрачных фильтратов (чего слабые концентрации не дают), водный щелочной раствор был заменен этилово-алкогольным.

Проведенные испытания для получения прозрачной мучной вытяжки, быстрого фильтрования и максимального извлечения красящих веществ указываются в табл. 2, стр. 62.

Из таблицы видно, что все спиртово-щелочные вытяжки разных концентраций как спирта, так и щелочи дают быстрое фильтрование. В отношении прозрачности фильтрата более слабые концентрации щелочи дают мутные фильтраты. С увеличением щелочи от 3,0% и спирта от 85% получаются совершенно прозрачные фильтраты как для худших, так и для лучших сортов муки. С увеличением концентрации щелочи интенсивность окраски фильтрата усиливается, оставаясь постоянной, начиная с 4—5% щелочи.

Таким образом дальнейшее повышение концентрации является излишним. Наилучшие результаты как в отношении быстроты фильтрования, получения совершенно прозрачных фильтратов, так и интенсивности окраски дали при обработке разных сортов муки следующие растворы: 5 г едкого калия в 100 мл 85% этилового спирта. Раствор этой концентрации и был принят в качестве растворителя красящих веществ при обработке муки.

Таблица 2

Влияние концентрации щелочи и спирта на интенсивность и прозрачность вытяжки и быстроту фильтрования при действии щелочи на пшеничную муку¹

№ п/п.	Зольность (в %)	Щелочно-спиртовой раствор		Скорость фильтрования	Прозрачность фильтрата	Интенсивность окраски
		этиловый спирт (в %)	едкий калий			
1	1,04	0,5	90	быстрое	прозрачный	Усиливается с увеличением концентрации щелочи
2	1,04	1,0	90	"	через 2—3 мин. мутный	
3	1,04	2,0	90	"	прозрачный	
4	1,04	3,0	90	"	"	
5	1,04	4,0	90	"	"	
6	1,04	3,0	85	"	"	Не изменяется
7	1,04	4,0	85	"	"	
8	1,04	5,0	85	"	"	
9	1,04	6,0	85	"	"	
10	1,04	3,0	80	"	слабая муть	
11	1,04	4,0	80	"	"	
12	1,04	5,0	80	"	прозрачный	
13	1,04	6,0	80	"	"	
14	3,67	0,5	90	"	через 2—3 мин. мутный	Усиливается с увеличением концентрации щелочи
15	3,67	1,0	90	"	"	
16	3,67	2,0	90	"	прозрачный	Не изменяется
17	3,67	3,0	90	"	"	
18	3,67	4,0	90	"	"	
19	3,67	5,0	85	"	"	
20	3,67	5,0	80	"	"	

Результаты действия означенным раствором на разные сорта муки в отношении окраски, прозрачности, получаемой вытяжки и поглощаемости щелочи мукой, а также изменение этих свойств от времени настаивания показаны в табл. 3.

Таблица 3

Действие спирто-щелочного раствора на муку²

№ п/п.	Зольность	Время настаивания	Скорость фильтрования	Прозрачность фильтрата		Прозрачность фильтрата после 24 час. стояния	Цвет	Интенсивность окраски	Количество щелочи после фильтрования	
				после первого фильтрования	после второго фильтрования				поглощено	свободно
1	0,48	1 час	очень быстрое	прозр.	прозр.	прозр.	желтый	слабое	2,7	2,3
2	0,48	20 час.	то же	"	"	"	"	сильное	2,7	2,3
3	1,71	1 час	"	прозр. ³	"	"	желтый с	слабое	2,5	2,5
4	1,71	20 час.	"	"	"	"	красным оттенком	сильное	2,5	2,5
5	3,67	1 час	"	прозр. ³	"	"	желто-красный	слабое	2,3	2,7
6	3,67	20 час.	"	"	"	"	"	сильное	2,3	2,7

¹ Взято 2 г пшеничной муки на 15 мл раствора при одночасовом настаивании.

² При всех испытаниях брались 2 г муки, которые настаивались при комнатной температуре в 15 мл раствора (5 г едкого калия растворялись в 85% этиловом спирте и объем доводился до 100 мл).

³ После некоторого стояния появляются слабые хлопья, которые легко отфильтровываются.

Из таблицы видно, что наибольшее количество щелочи (2,7%) поглощается лучшими сортами муки. При обработке же муки растворами меньшей концентрации вытяжка остается нейтральной и менее интенсивно окрашенной. Эти испытания показывают, что для приготовления щелочных вытяжек концентрацию щелочи следует брать не ниже 2,7%, исходя из соотношения 7,5 мл щелочного раствора на каждый грамм муки. Продолжительность настаивания влияет на полноту извлечения красящих веществ. Фильтраты высших сортов муки при 20-часовом настаивании оказались несколько сильнее окрашенными, чем при 1-часовом настаивании. Вытяжки, простоявшие несколько дней, приобретают незначительные изменения характера окраски в сторону усиления красноватого оттенка и далее остаются неизменяющимися в течение года и более. Фильтраты во всех случаях получились совершенно прозрачными.

При стоянии в некоторых фильтрах появлялись хлопья, которые после вторичного фильтрования через тот же фильтр давали совершенно прозрачный раствор, почему оставлять долго фильтрат не следует. Полнота извлечения красящих веществ зависит еще от степени измельчения оболочек. Вытяжки последних сортов муки с крупными отрубьянистыми частицами с увеличением продолжительности стояния окрашивались интенсивнее. Тщательным измельчением продукта можно значительно сократить время, необходимое на настаивание. Немаловажным фактором быстроты извлечения красящих веществ является также тщательное перемешивание смеси. Достаточно измельченные продукты при настаивании сейчас же окрашивают вытяжки в интенсивно желтый цвет и после непродолжительного стояния извлечение красящих веществ получается почти полное и настолько значительное, что позволяет производить сравнение в обычных колориметрах. Для быстроты, учитывая достаточную для практических целей точность метода, установлено было 1-часовое настаивание.

Наблюдения цвета щелочных вытяжек показали, что основная окраска вытяжек—это сочетание желтого и красного цветов, причем соотношение этих цветов меняется с выходами муки. Красный цвет вытяжки (с ухудшением сорта муки) усиливается в большей степени, чем желтый. Лишь правильный подбор стандартного раствора, сходного по характеру окраски с цветом вытяжки, дает возможность точно сравнивать цвета между собою. Как было указано выше, для этой цели был предложен разными авторами целый ряд цветных солей и органических красителей.

Одним из наиболее существенных недостатков таких цветных растворов было то, что не учитывалась непропорциональность изменения соотношения желтого и красного цветов с ухудшением сорта муки, а это влекло за собой неточность сравнений. Исследованные растворы хромо-калиевых солей, приготовленных не на воде, а на буферных растворах из калия и натрия фосфатов, согласно Sorensen (из кислой фталиевой соли) и Clark и Lubs (на соляной кислоте) не дали хороших результатов. Красный оттенок раствора, хотя и усиливается от буферов, однако не настолько сильно, чтобы можно было четко и точно сравнивать эти цвета со щелочными вытяжками. От соляной кислоты хромпик кроме того разлагается. Вследствие этого пришлось отказаться от применения раствора из хромпика и кобальтовой соли, а также от одного хромпика, приготовленного на буферных растворах, являющихся среди других наиболее подходящими. Произведенные предварительные исследования показали кроме того еще на очень резкие изменения соотношения желтого и красного цветов и с выходами муки. Для устранения этих явлений автором были применены как стандарт два самостоятельных комплекта растворов желтого из

двухромкалиевой соли и красного из азотно-кобальтовой соли. В качестве колориметра был применен наиболее простой вид колориметра—набор несслеровских трубок, а колориметрическое сравнение испытуемого раствора производилось в двухрядном компараторе Walpole, применяя в качестве стандарта сочетание обоих цветов разных концентраций одновременно.

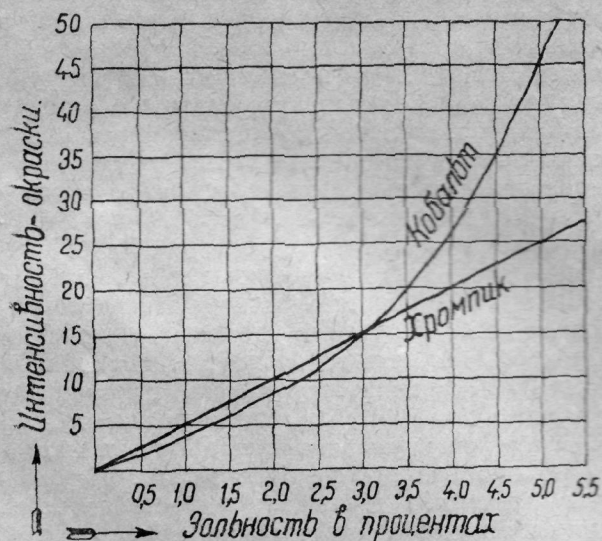


Рис. 1

то, что в щелочной раствор переходят по крайней мере два пигмента желтого и красного цветов. В худших сортах муки и отрубях много красного пигмента.

На основании данных предварительных исследований была разработана следующая методика колориметрического определения качества помола по спирто-щелочной вытяжке.

Методика определения качества муки

Приготовление стандартных колориметрических трубок. Для сравнения цвета щелочных вытяжек со стандартными берется набор одинакового диаметра из бесцветного стекла (несслеровские цилиндры) диаметром около 13 мм. Трубки должны плотно закрываться или лучше запаиваться. Готовятся два отдельных набора трубок: один с раствором двухромкалиевой соли (желтый), другой с раствором азотно-кобальтовой соли (красный) разных концентраций. Сравнение проводится методом сложения трубок в двухрядном компараторе Walpole, как это будет указано далее. Приготовление цветной шкалы из двухромкалиевой соли можно произвести по методу прямого разбавления раствора, связав интенсивность окраски щелочной вытяжки для удобства с зольностью, и приготовить такое количество трубок, чтобы интервал между двумя соседними трубками соответствовал по цвету приблизительно 0,1% зольности. Если, например, зольность зерна равна 2,00%, то потребовалось бы 20 трубок. Кроме этих трубок необходимо еще иметь дополнительные трубки, интенсивность окраски которых соответствовала бы сотым долям процента зольности.

¹ В диаграмме условно принято изменение желтого цвета прямопропорциональным зольности.

Концентрация растворов набора стандартных трубок. Как уже указывалось, готовятся два отдельных набора для: 1) желтого цвета и 2) красного цвета.

1) Для раствора желтого цвета из двуххромокалиевой соли:

Трубка № 1	соотв. 0,1% зольн.	0,020 г соли в 1 л
„ № 2	„ 0,2% „	0,022 „ „ 1 „
„ № 3	„ 0,3% „	0,024 „ „ 1 „

и так далее, например:

Трубка № 10	соотв. 1,0% „	0,200 г „ „ 1 л
„ № 11	„ 1,1% „	0,220 „ „ 1 „
„ № 20	„ 2,0% „	0,400 „ „ 1 „

Для учета сотых долей процента золы достаточно иметь всего три трубки, которые соответствовали бы приблизительно 0,075%, 0,050% и 0,025% зольности и соответственно 0,75; 0,50 и 0,25 интенсивности окраски раствора трубки № 1. Раствор определенной концентрации, например 0,2 г в 1 л готовится непосредственным растворением сухой соли в соответствующем объеме воды, тогда как для получения более слабых растворов необходимо лишь соответствующее разбавление раствора водой.

2) Для раствора красного цвета из азотно-кобальтовой соли:

Трубка № 1	содержит 0,2 г соли в 1 л
„ № 2	„ 0,4 „ „ 1 „
„ № 3	„ 0,6 „ „ 1 „

и так далее.

Раствор азотно-кобальтовой соли готовится следующим образом: предварительно растворяют около 10 г высушенной в эксикаторе азотно-кобальтовой соли, содержащей гидратную воду в 0,5 л воды. Точное содержание соли в растворе определяется обычным весовым анализом, и раствор разбавляется водой до требуемой концентрации с пересчетом на безводную азотно-кобальтовую соль.

Набор стандартных трубок готовится разбавлением водкою исходных растворов солей.

Не всегда является необходимым приготовление большого количества стандартных трубок, в зависимости от назначения можно ограничиться приготовлением лишь определенной части шкалы.

Такою шкалою можно пользоваться для характеристики качества муки и не связывая ее с зольностью, а выражая качество зерна и продуктов его переработки условным „щелочным“ числом, т. е. количеством граммов хромпика и азотно-кобальтовой соли (безводной) в 1 л воды. Лучше всего исходить для того из целого числа граммов соли.

Для хромпика, исходя из 0,2 г соли на 1 л, а именно:

Трубка № 1	0,02 г в 1 л
„ № 10	0,20 „ „ 1 „
„ № 20	0,40 „ „ 1 „

Промежуточные растворы не показаны.

Для азотно-кобальтовой соли (безводной), исходя из 5 г на 1 л

Трубка № 1	0,2 г в 1 л
„ № 2	0,4 „ „ 1 „
„ № 3	0,6 „ „ 1 „
„ № 10	0,8 „ „ 1 „

и так далее.

Щелочное число. Щелочным числом называется число граммов двуххромокалиевой соли и азотно-кобальтовой соли в 1 л воды, по цвету отвечающим щелочной вытяжке муки, полученной путем

обработки 2 г продукта, 15 мл щелочного раствора (5 г едкого калия в 100 мл 85° этилового спирта) при 1-часовом стоянии.

Например, щелочное число—Щ. Ч. = 0,046 (0,6);

это 0,046 г хромпика (желтый) в 1 л,

это 0,6 г кобальтовой соли (красный) в 1 л.

Техника определения (ход анализа). 2 г муки или тщательно измельченного продукта помещают в сухую пробирку диаметром около 20 мм, прибавляют туда точно 15 мл щелочного раствора (5 г едкого калия в 100 мл 85° этилового спирта),¹ тщательно перемешивают содержимое стеклянной палочкой и оставляют стоять пробирку на 1 час, время от времени перемешивая раствор. Затем смесь фильтруют через плотный небольшой бумажный фильтр, прикрыв воронку часовым стеклом, в сухую колориметрическую трубку одинакового диаметра со стандартной (диаметром около 13 мм). Полученный фильтрат сравнивается со стандартными растворами. Оставлять вытяжки на долгое время не следует во избежание их помутнения. В последнем случае необходимо раствор вторично отфильтровать через тот же фильтр. Сравнение образцов производится в двухрядном компараторе Walpole, пользуясь одновременно

матовым и слабосиним стеклом. Слабосиний цвет стекла, сочетаясь с желтым цветом вытяжки, дает зеленоватый оттенок, почему в более слабых растворах выступает синий цвет.

Трубка с исследуемым образцом ставится в переднее среднее гнездо компаратора. Позади нее, во второе гнездо заднего ряда, ставится вода или желтые трубки с сотыми делениями. В два боковых передних гнезда ставятся ближайшие по интенсивности окраски желтые стандартные трубки с десятыми и целыми долями деления. Позади них,

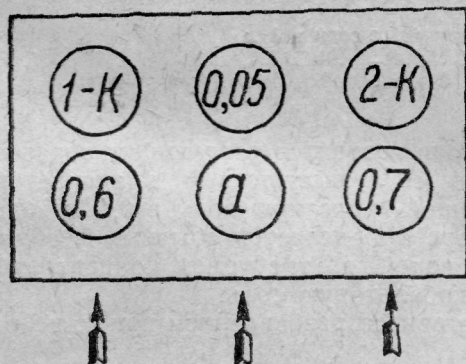


Рис. 2

во втором ряду, ставят красные стандартные трубки или воду. Путем такого сочетания, переходя от более слабых к более сильным цветам, подбирают сначала трубки желтого цвета с десятыми делениями, а потом трубки красного цвета, наиболее подходящие по характеру и интенсивности окраски к окраске испытуемых образцов, или воду. При этом позади испытуемого образца ставится вода. В случае несовпадения окраски воду заменяют желтыми трубками с сотыми долями деления—0,025—0,050 и 0,075, начиная с первой, и сравнивают со стандартной трубкой, более сильно окрашенной.

При этом цвет может совпасть или оказаться более интенсивно окрашенным, чем стандартный. В первом случае сотые доли делений как добавленные к испытуемому раствору вычитаются соответственно поставленной трубке полностью. Во втором случае на 0,0125 или кругло на 0,01 деления менее. Определение лучше вести при ровном дневном свете.

Приводим пример.

После подбора цвета трубки в компараторе расположились, как указано на рис. 2. В первом ряду в середине испытуемый

¹ Приготавливают грубо 50%-ный водный раствор едкого калия. Титрованием точно устанавливают его процентное содержание и соответственно добавляют воду и спирт до требуемой концентрации.

раствор а, слева желтая трубка № 6, соответствующая примерно 0,6% зольности, которая при окончательном подсчете не принимается во внимание, справа трубка № 7, сильнее окрашенная, отвечающая 0,7% зольности. Во втором ряду в середине сотые доли—ж—0,05, по бокам красные трубки 1—к и 2—к. При этом добавочная трубка сотых долей в 0,025 оказалась слабее, а 0,05 несколько сильнее окрашенной, чем стандартный раствор № 7, последняя и была принята. Щелочная окраска по зольности $= 0,700 - (0,05 - 0,01) = 0,64$.

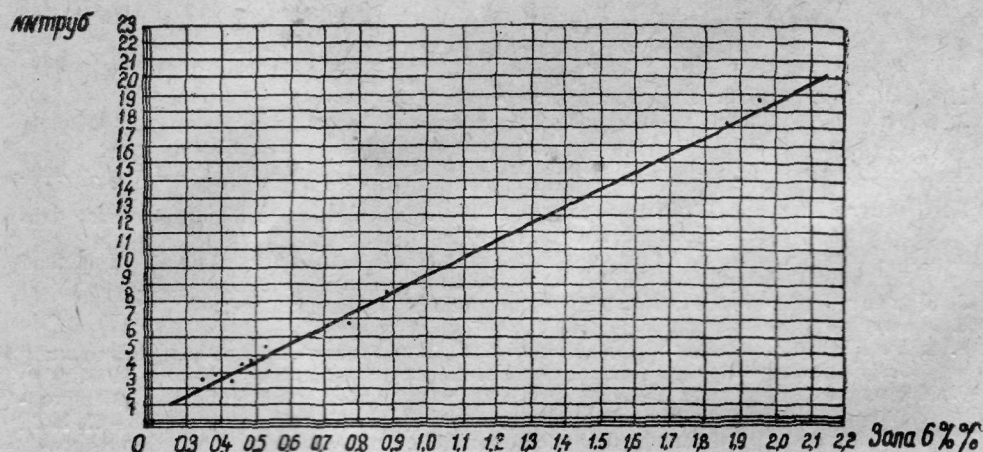


Рис. 3

Метод определения „щелочного числа“ как показатель качества помола является методом условным, и время, отводимое на настаивание муки, могло бы быть уменьшено до 0,5 часа.

Для точности определения требуется более длительное настаивание испытуемой муки и очень тщательное измельчение продукта.

Время, затрачиваемое на одно определение, складывается из следующих моментов: 1) взвешивание—до 3 мин., 2) настаивание—1 час, 3) фильтрование—до 5 мин., 4) колориметрическое сравнение—до 3 мин., а всего около 70 мин. При этом ввиду простоты определения представляется возможным одному работнику одновременно производить большое количество испытаний.

Этим способом можно определять качество не только муки, но и печеного хлеба, в котором определение зольности ввиду наличия поваренной соли очень сложно.

Результаты исследования зависимости между окраской щелочных вытяжек и содержанием зольности разных сортов муки из пшеницы Одесского района приводим в диаграмме (рис. 3).

Как видно из диаграммы, кривые „щелочного числа“ повышаются по мере ухудшения качества муки.

Исследования были проведены над сравнительно небольшим количеством образцов и требуют массовой проверки.

Заключение

1. Наиболее правильным показателем качества помола следует считать сырую клетчатку. Необходимо, однако, уточнить понятие „сырая клетчатка“.

2. Сосредоточенные на периферии и связанные с оболочками пигменты зерна могут служить правильным показателем качества помола.

3. Разработанный автором метод определения качества помола (метод „щелочного числа“) основан на определении количества

пигментов, сосредоточенных на периферии зерна и извлекаемых из муки спиртовым раствором щелочи.

4. При исследовании пшеницы обнаружены два пигмента: один желтого, а другой красного цвета.

5. Метод по выполнению является очень простым, быстрым и не требующим дорогой и сложной аппаратуры.

6. По разработанному методу „щелочного числа“ можно определить также качество муки в печеном хлебе.

ЛИТЕРАТУРА

1. Seidel, Zeitschr. f. d. ges. Mühlenwesen, H. 9, 1924.
2. C. H. Bailey, The Chemistry of wheat flour. New-York. 1925.
3. R. Rüter, Über die Prüfung der Mehlfarbe. Mühlenlab, H. 2, 1931.
4. W. Alcock and N. Ediger, Influence of flour moisture on the Pekar, Cer. Chem. VI, 1929.
5. C. Bertrand and W. Muttermilch, 1907. „Sur l'existence d'une tyrosinase dans le son le froment“. Compte rend., 144, 1285—1288.
6. W. F. Geddes, D. S. Binnington and A. G. Whiteside, A simplified method for the determination of carotin in flour extracts. Cer. Chem. XI, 1934, 1.
7. Karrer u. Gelfenstein, Helv. Chim. Acta 12, 1442, 1929.
8. Maurizio, Weizen und Mehl, 1917.
9. L. V. Liebermann und V. Andriska, Ein neues Verfahren zur Bestimmung des Feinheitsgrades der Weizenmehle. Z. Nahr. Genussm., 22—291—294, 1911.
10. A. Fornet, Eine neue Methode zur Bestimmung und Identifizierung von Mehlprodukten in Gebäcken und anderen Zubereitungen. Z. ges. Getreidewesen, 14, 58—61, 1922.
11. Wiedmann, Bestimmung der Kleibestandteile im Mehl. Z. Nahr. Genussm. 41, 236—237, 1921.
12. E. Colendoli, Ann. Jg., 28, 76—77, 1918.
13. R. Rüter, Über die Messung der Mehlfarbe mit dem Pulfrich Photometer; Mühlenlab, H. 1. 1931.
14. P. Wolski, Anweisung zum Gebrauch des Halbschattenphotometers nach W. Ostwald Photometrie, 1931.
15. A. Hardy, P. Cole, A. Richer, The colour of wheat flour. Ind and Eng. Chem. (Anal. ed.) 1929.
16. C. Ferrari and C. Bailey, The carotinoid pigments of flour. cer Chem. 6, 218—239, The determination of carotin in flour, 347—374, 1929.
17. Г. Пузрин, Фотометрический анализ качества муки. „Сов. мук. и хлеб“ № 1, 1936.
18. A. Winton, Colour of flour and a method for the determination of „Gasolin colour value“, U. S. Dept. Agr. Bur. Chem. Bull. 137, 1911.
19. R. Willstätter, and A. Stoll, Untersuchungen über chlorophyll, Methoden und Ergebnisse, Berlin, 1913.
20. Jörgensen Holger, Use of chromate solutions as comparison standarts for the determination of „Gasoline colour values“, Cer. Chem. 4, 468—469, 1927.
21. D. W. Kent-Yones and C. W. Herd, A numerical expression for the colour of flour, 52, 443—452, 1927.
22. H. B. Sprague, A. convenient method of measuring the quantities of chloroplast pigments. Science, 67, 167—169, 1928.
23. R. Kuhn and H. Brockmann, Determination of carotenoids. Z. physiol. Chem., 206, 41—64, 1932.
24. Н. И. Озолини Г. Д. Домбровский, Калориметрический метод определения качества муки. Изв. Одесского политехнического института зерна и муки, 1 (2), 18—28. 1929.
25. D. W. Kent-Yones, Modern Cereal chemistry, 1927.
26. F. M. Scherz, The quantitative determination of carotin by means of the spectrophotometer and the colorimeter J. Agr. Research, 26, 283—440, 1923.
27. Vissert Hooft and de Leew, F. Y. G. A. critical study of som methods used in flour colorimetry. Cer. Chem., V, 351—366, 1928.
28. D. W. Kent-Yones and C. W. Herd, Flour colour tests Cer. Chem., 6, XII, 1935.
29. A. G. Simpson, Cer. Chem., XII, 6, 1935.
30. J. A. Andersen и A. G. Perkin, The yellow coloring matter of the Khapli weats. J. Chem. Soc., 1931.
31. M. C. Markley and C. H. Bailey, The nature of the pigments of the gasoline extract of wheat. Cer. Chem., 1, 1935.
32. R. Willstatter und A. Stoll, Untersuchungen über Chlorophyll. Berlin, 1913.

Об определении выходов муки по крахмалу

В настоящий момент вопрос о повышении качества и количества продукции пищевой промышленности приобретает особенно важное значение. В частности в мукомольной промышленности все руководящие организации, исследовательские учреждения и производственный актив заняты проблемой улучшения качества продукции. В связи с этим технoхимический контроль технологического процесса очевидно должен играть руководящую роль в работе каждого предприятия. Однако повсеместное внедрение технoхимического контроля в нашей мукомольной промышленности является еще делом молодым, и не всегда технoхимический контроль производства находится на должной высоте.

Для дальнейшего развития ТХК необходимо в первую очередь образование достаточно квалифицированных кадров, а также широкая и интенсивная теоретическая и экспериментальная проработка вопросов, связанных с ТХК и с методами оценки качества зерна и мельничных продуктов.

Как известно, качество готовой продукции (муки) определяется в основном как у нас, так и за границей по проценту содержания золы. Выбор этого показателя объясняется тем, что он является наиболее простым со стороны химической процедуры и аналитически достаточно точен. Однако теоретически было бы правильно, исходя из самой задачи технологического процесса—отделение оболочки зерна от ядра,—взять за основу оценки готовой продукции и характеристики промежуточных продуктов и отходов определение клетчатки. Это определение не применяется в производственных условиях вследствие отсутствия удобных и быстрых методов.

Определение крахмала для оценки качества продукции и целей ТХК принципиально столь же приемлемы как и определение клетчатки, так как содержание крахмала в зерне довольно правильно уменьшается от центра к периферии. Определение крахмала в мельничных лабораториях также не применяется, что весьма понятно, так как методы определения крахмала обычно длительны и в большинстве случаев не отличаются точностью (наличие многочисленных источников ошибок). Однако поляриметрические методы определения крахмала относительно точны и менее мешкотны, чем химические.

Для анализа технологического процесса определение крахмала применялось весьма незначительным числом авторов (K. Seidel, 1924, F. Scholler, 1922).

В работе Seidel даны кривые, изображающие изменения ряда физических и физико-химических показателей, в зависимости от выхода муки (см. диаграмму¹). При рассмотрении кривых видим,

¹ На графиках количественное содержание золы, жира, белка, крахмала, клетчатки и пентозанов показано в процентах на сухое вещество, удельная электропроводность— в обратных омах ($n \times 10^{-4}$ mho, где n —число на ординате).

что часть показателей изменяется с выходами однозначно (в сторону уменьшения или увеличения), не образуя перегиба кривой, в то время как другая часть образует перегиб в области выходов, содержащих наибольшее количество отрубянистых частиц (кривые золы, жира и белка). Важно отметить, что кривая крахмала довольно правильно и со значительной крутизной падает с увеличением выхода и, следовательно, с точки зрения анализа технологического процесса представляет интерес.

Анализируя кривые клетчатки и золы, мы прежде всего должны отметить, что процентное содержание этих компонентов до 70%-ного

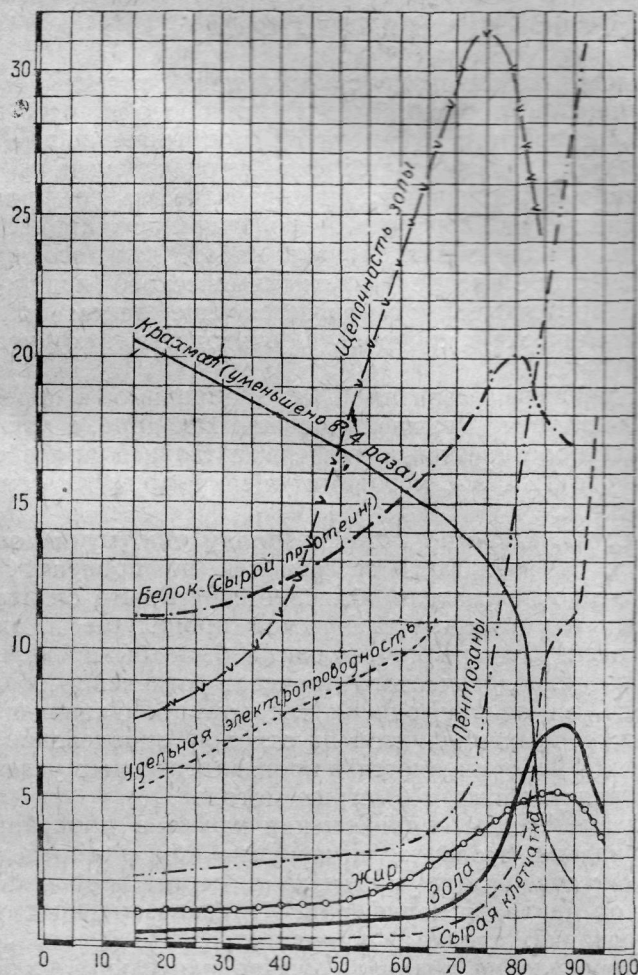


Рис. 1

выхода невелико и увеличивается медленно. После 70—75%-ного выхода видим крутой подъем кривых, причем кривая клетчатки круто идет вверх, а кривая золы, достигая максимума примерно возле 87%-ного выхода, идет вниз, что объясняется сравнительно незначительной зольностью плодовых оболочек зерна.

Данные практики мукомольной промышленности в основном подтверждают возможность применения показателя зольности для расчета выходов и оценки готовой продукции.

Необходимо, однако, отметить, что применение зольности в качестве технологического показателя не всегда дает удовлетворительные

результаты. В силу варьирования зольности эндосперма при повышенном содержании золы в эндосперме, даже при весьма тщательном ведении технологического процесса, нельзя получить стандартных высоких сортов муки, если в основу оценки положить величину зольности. Имеются указания, что повышенное содержание зольных элементов в эндосперме наблюдается иногда в малозольной пшенице. В случае же низких сортов муки (85%-ного выхода) из малозольных пшениц иногда мука, стандартная по зольности, бывает значительно темнее муки, полученной из зерна с базисной зольностью, вследствие разного содержания клетчатки (отрубянистых частиц) в соответствующих образцах.

Вообще говоря, нужно учесть то обстоятельство, что распределение зольных элементов в зерне не является вполне постоянным и зависит от сорта и условий произрастания, что может служить причиной указанных выше явлений.

В специальной литературе имеются возражения против прямого применения показателя зольности для анализа технологического процесса. Halmeyer предложил вести определение выходов по так называемому показателю зольности.

Формула Halmeyer имеет следующий вид:

$$\alpha = \frac{Am}{\sqrt[3]{A_w^2}},$$

где Am —зольность муки данного выхода в процентах, A_w —зольность зерна. Образцы муки одинакового выхода, но полученные из разных сортов зерна, должны характеризоваться постоянной величиной α . Если этого нет, то технологический процесс проведен неправильно.

Отметим, что при пользовании показателями зольности мы все же не гарантируем себя от ошибок и недоразумений при анализе технологического процесса, так как в основе этих расчетов лежит предположение о постоянстве распределения зольных элементов в зерне, что фактически не всегда имеет место.

Рядом авторов (С. Н. Bailey, S. A. Collatz и др.) были сделаны попытки проводить оценку качества продукции по растворимой золе, причем количество последней было предложено определять по удельной электропроводности мучных вытяжек. Для этой цели в Германии в свое время выпущен прибор под названием „Schnellaschen bestimmer“.

Ввиду того что величина электропроводности мучных вытяжек зависит от ряда сложных биохимических факторов и недостаточно постоянно и точно характеризует выхода, этот метод не мог найти практического применения.

Характеристика качества муки путем определения рефракционной способности мучных вытяжек (С. Н. Bailey, Wilkins, Stockham 1920 г. и др., а также опыты автора в 1933 г.) показала, что этот метод хотя и простой по выполнению не дает положительных результатов вследствие непостоянства этой величины, зависящей, как и в предыдущем случае, от биохимического характера продукта и крупноты помола.

Нельзя не упомянуть об интересных попытках оценки качества мельничных продуктов на основании колориметрического определения пигментов, находящихся в оболочке и эндосперме зерна¹.

¹ См. статью проф. Н. И. Озолина в настоящем сборнике.

Давно применяемый в Америке метод газолинового числа крайне длителен по выполнению и недостаточно точен для наших производственных требований.

Метод щелочных спиртовых вытяжек (Н. И. Озолин и Г. Д. Домбровский, 1928 г., Kent-Jones, Vissert Hooft, 1928 г. и др.) требует проработки в производственных условиях.

Испытание по Пекару и его различные модификации пригодны только для ориентировочной сравнительной оценки чистоты помола в силу того обстоятельства, что это определение не дает количественных результатов.

Следует указать на фотометрический метод оценки качества муки, разработанный Украинским институтом зерна (Г. Пузрин, „Советское мукомолье“ № 1, 1936 г.). Можно думать, что этот метод найдет применение в производственной практике.

Сопоставляя рассмотренные нами химические и физические методы определения качества мельничных продуктов, мы приходим к заключению, что из чисто химических показателей большой интерес представляет процентное содержание крахмала, так как, во-первых, количество крахмала велико во всех фракциях помола, колеблясь, примерно в пределах от 10 до 80%, во-вторых, потому что наклон кривой процентного содержания крахмала весьма значителен на всем ее протяжении.

Этому вопросу посвящено крайне ограниченное число работ (Jacobs and Rask, 1920 г., Scholler, 1922 г.).

Указанными авторами были предложены простые, основанные на арифметических подсчетах, формулы для расчета выходов по количеству крахмала в зерне, муке и отходах.

Jacobs и Rask (1920) дали формулу:

$$\text{Выход муки} = \frac{[(\text{крахмал в пшенице}) - (\text{крахмал в отходах})] \cdot 100}{(\text{крахмал в муке}) - (\text{крахмал в отходах})}.$$

Формула Шоллера (1922), имеющая вид:

$$A = \frac{100 \cdot (G - R)}{P - R}$$

является той же формулой Jacobs и Rask, но данной в буквенном выражении. Приведенную формулу Шоллер считает пригодной для определения выходов при помоле пшеницы с различными технологическими свойствами и при любых вариациях технологического процесса. Наряду с указанной формулой им предложены две другие формулы. Одна из них служит для расчета выходов по количеству крахмала в муке и зерне, а другая—по содержанию крахмала в муке.

Эти формулы имеют следующий вид:

$$\text{I. } A = 100 \left(2 - \frac{P}{G} \right);$$

$$\text{II. } A = 2 (100 - P)$$

Первая формула, по мнению Scholler, может применяться для приблизительного определения выходов муки из любых сортов злаков зерна, но при условии нормального проведения технологического процесса. Эта формула выведена им аналитически из основной формулы.

$$A = \frac{100 (G - R)}{P - R}$$

посредством подстановки в данную формулу выражения R через A и G .

Нетрудно понять, что $R = \frac{(100-A)G}{100} \%$, так как между содержанием крахмала зерна и содержанием его в остатке от помола должно осуществиться соотношение

$$\frac{G}{R} = \frac{100}{100-A},$$

где $(100-A)$ означает остаток от помола, A —выход муки в процентах, иначе говоря, содержание крахмала в остатке тем меньше, чем больше выход муки в процентах.

Формулу II (по нашему обозначению) Шоллер выводит из только что рассмотренной (I), принимая, что содержание крахмала в зерне пшеницы равно 50%.

$$\text{Следовательно, } A = \left(2 - \frac{P}{50}\right) = 2(100 - P).$$

Приведенные в статье Шоллера выхода рассчитывались им по формуле II, основанной на неточном допущении: содержание крахмала в пшенице принято равным 50%.

Данные Scholler приведены в табл. 1.

Таблица 1

Из таблицы видно, что выхода, указанные крупчати́ками, в трех случаях удовлетворительно сходятся с выходами, вычисленными по формуле $A = 2(100 - P)$. Расхождение в случае образца № 2 Scholler объясняется неправильностью цифры, данной предприятием (60%), считая, что вычисленное значение (68,2%) является гораздо более вероятным.

№ образцов	Процентное содержание крахмала по методу Ewers	Выход (по данным Geum) (в %)	Выход, вычисленный по формуле $A = 2(100 - P)$ (в %)
1	70,0	50,60	60,0
2	65,9	60	68,2
3	64,7	70	70,6
4	60,7	80	78,6
5	52,7	94	94,6

Далее, необходимо указать на то, что в работе Scholler (1922) не могли быть учтены некоторые позднейшие данные относительно методики определения крахмала в зерне и продуктах его переработки (работа Scheele и Svenson, Zeitschrift für das gesamte Getreidewesen № 12, 1928).

Главной задачей настоящей работы является экспериментальная проверка возможности расчета выходов по процентному содержанию крахмала, причем весьма значительное внимание уделено методике определения крахмала в зерне и мельничных продуктах.

Экспериментальная часть

Аналитическое определение крахмала в мельничных продуктах сопряжено со значительными трудностями. Диастатический метод для массовых производственных определений является мало применимым вследствие длительности выполнения, сложности, а также наличия в данных объектах комплекса растворимых углеводов, что влечет за собой необходимость предварительной обработки анализируемого материала или дополнительных определений.

Применение прямого кислотного гидролиза затруднительно по той же причине, причем тут, как и в первом случае, нужно учесть и то обстоятельство, что ход изменения растворимых и гидролизруемых углеводов (сахара и пентозаны) противоположен ходу изменения процента крахмала в зависимости от выхода.

Прямые методы определения крахмала весьма длительны и хлопотливы (методы Баумерта и Бодэ, Lindet и др.). Метод Kent-Jones весьма прост, но является недостаточно точным вследствие неизбежных потерь при отмывании крахмала.

Не останавливаясь на целом ряде других методов, применимых для различных объектов, ограничимся рассмотрением поляриметрических методов, обладающих многими преимуществами.

Наиболее известны три поляриметрических метода определения крахмала: Ewers, Lintner и Gerum.

Для проведения экспериментальной части нашей работы мы остановились на методе Ewers, причем пользовались рецептурой, приведенной в руководстве König („Chemie der menschlichen Nahrungs- und Genussmittel“ B. III, Teil I, 444—445).

Ход определения следующий: „5 г вещества (сухого картофеля 10 г) размешиваются с 25 см³ HCl 1,124% (для картофеля — 0,4215%) в мерной колбе на 100 см³, калиброванной при 20°. Затем прибавляют еще 25 см³ кислоты и ставят колбу в кипящую водяную баню ровно на 15 мин., причем первые 3 мин. многократно взбалтывают. Затем доводят холодной водой до 90 см³, охлаждают до 20°, осветляют K₂MoO₄, доводят до метки, фильтруют и поляризуют. Для осаждения белков берется 2,5—3 см³ раствора молибденовой соли, содержащего 120 г MoO₃ в 1 л“. Отметим характерное в этом описании методики точное указание концентрации кислоты. Невольно возникает мысль о некоторой преувеличенности требований в этом отношении — концентрация кислоты не может быть установлена с такой точностью обычным объемно-аналитическим определением.

Во всяком случае условность метода, очевидно, требует выполнения указанного хода определения.

Необходимо отметить, что применение молибденовой соли (мы пробовали применять обычный молибденовокислый аммоний) является неудобным, так как фильтраты, осветленные молибденовой солью, через 15—20 мин. окрашиваются в сине-зеленый цвет благодаря образованию молибденовой сини (действие растворимого крахмала). Можно пользоваться для осаждения белков раствором фосфорновольфрамовой кислоты (5 см³ 8%-ного раствора) или насыщенным раствором вольфрамовокислого натрия. Указываются и другие осадители.

Поляриметрическое определение крахмала требует внесения поправок на растворимые, оптически активные углеводы. По данным В. Кретовича (13-й выпуск трудов ВНИИЗ, 1934 г.) общее количество сахаров в зерне пшеницы составляет примерно 1,66%, причем на зародышевую часть приходится 0,56%, на внешние слои эндосперма — 0,62%, на внутренние слои эндосперма — 0,50%. Концентрация сахара во внешних слоях эндосперма приблизительно в 4,8 раза больше, чем во внутренних. В 1928 г. была опубликована работа K. Scheele и G. Svensson, посвященная сравнительному изучению методов определения крахмала в зерне и мельничных продуктах. Эти авторы уделили весьма большое внимание определению поправок на растворимые углеводы при пользовании различными методами определения крахмала.

Введя соответствующие поправки в результаты определения крахмала химическими методами и по методу Эверса, Scheele и Svensson получили хорошо согласующиеся между собой числа. Для метода Эверса ими получены такие средние поправки для пшеницы: для всего зерна $\approx 1,1\%$, для отрубей $\approx 3,8\%$. Исходя из данных Кретовича, нужно считать, что соответствующая поправка для муки будет примерно 0,3—0,5%.

Возможность пользоваться поправками, непосредственно вычитая

соответствующее число из полученного процента крахмала, конечно, чрезвычайно заманчива, однако маловероятно, чтобы эти поправки сохраняли постоянство независимо от сорта пшеницы и условий ее произрастания.

При проведении экспериментальной части работы были испытаны два прибора:

- 1) поляриметр Zeiss с двойным полем и дуговой шкалой;
- 2) сахариметр фирмы Dubosque с двойным полем и условной шкалой.

В конце концов пришлось остановиться на втором приборе, так как, обладая достаточной чувствительностью, он давал хорошо освещенное поле при пользовании натриевым пламенем без вспомогательных оптических установок. Оптическая система первого прибора поглощала значительно большее количество света и определение крахмала в окрашенных фильтрах было бы весьма затруднительным. В пользу второго прибора говорили еще чисто практические соображения: для целей теххимического контроля применим прибор более доступный по цене и простой по конструкции. Как известно, в сахарном производстве уже давно применяются сахариметры типа Dubosque, Soleil и др.

Для расчета содержания крахмала в исследуемых продуктах служила формула:

$$P = \frac{5,97 [\alpha] 100}{(100-h) \cdot 5} \%,$$

где $[\alpha]$ — наблюдаемый угол вращения плоскости поляризации в градусах Dubosque, h — влажность продукта в процентах, 5,97 — постоянная, характерная для прибора данного типа при определении крахмала в продуктах помола пшеницы по методу Эверса, 5 — навеска продукта в граммах.

Физическое значение величины 5,97 таково: если 5,97 г крахмала растворено в объеме 100 см³, то такой раствор будет вращать плоскость поляризации на 100° при длине трубки в 2 дм. Следовательно, 5,97 г — это „нормальный вес“ (Normalgewicht) крахмала при применении данного прибора для определения по Эверсу.

Формула для расчета концентрации крахмала в граммах на 100 см³ раствора имеет в данном случае вид:

$$C = \frac{[\alpha] \cdot 5,97}{100},$$

откуда, приняв $[\alpha] = 100^\circ$, имеем:

$$C = 5,97 \frac{2}{100 \text{ см}^3}.$$

Коэффициент 5,97 может быть определен экспериментальным путем, но в этом нет необходимости, так как его легко вычислить, зная величины удельного вращения сахарозы и крахмала по Эверсу, а также величину „нормального веса“ сахарозы для шкалы Dubosque.

Имеем для сахарозы $[\alpha]_D = 66,5^\circ$ (круговых); для крахмала по Эверсу $[\alpha]_D = 182,0^\circ$ (по данным Scheele и Svensson) „нормальный вес“ сахарозы для шкалы Dubosque = 16,35 г (раствор 16,35 г чистой сахарозы в объеме 100 см³ при длине трубки в 2 дм вращает на 100°).

Если прибор совершенно исправен и дает точные результаты при определении навесок чистой сахарозы, то можно воспользоваться вычисленным нормальным весом для крахмала по Эверсу, применив выражения для концентрации сахарозы и крахмала и подставив в них соответствующие величины.

Имеем для сахарозы:

$$C_1 = \frac{[\alpha] \cdot 100}{[\alpha]_1 D \cdot l}$$

для крахмала:

$$C_2 = \frac{[\alpha] \cdot 100}{[\alpha]_2 D \cdot l}$$

Берем отношение:

$$\frac{C_1}{C_2} = \frac{[\alpha]_2 D}{[\alpha]_1 D}$$

Следовательно,

$$C_2 = \frac{[\alpha]_1 D \cdot C_1}{[\alpha]_2 D} = \frac{66,5 \cdot 16,35}{182,0} = 5,97 \text{ г}$$

на 100 см³.

Экспериментальное определение „нормального веса“ крахмала по Эверсу довольно затруднительно, так как химически чистого крахмала не существует, и все имеющиеся препараты содержат кроме воды заметные количества пентозанов, золы и протеина (Scheele и Svensson (1928) и др.).

Несколько определений, проделанных одним из авторов данной работы, дали число порядка 5,92 г на 100 см³. Число 5,97 является более достоверным, так как величины удельного вращения сахарозы и крахмала по Эверсу установлены в результате тщательных и многократных экспериментов.

Отсчеты угла вращения производились обычно 10 раз и минимум 5 раз для того, чтобы можно было оценить величину ошибки, обусловливаемой качеством самого прибора и частично субъективными особенностями наблюдателя. Измерения показали, что при определении крахмала посредством сахариметра типа Dubosque возможно при известном навыке полностью использовать ту степень точности прибора, на которую он рассчитан. Среднее отклонение от среднего результата чаще всего составляло 0,1 деления (градуса) и не превышало 0,2 деления (в случае интенсивно окрашенных фильтратов).

0,1 условного градуса сахариметра соответствует примерно 0,02 дугового градуса.

При работе с поляриметром Zeiss нам не удалось достигнуть большей чувствительности, следовательно, точность обоих приборов в данном случае можно считать почти одинаковой.

Ошибка при отсчете в 1° Dubosque дает ошибку в проценте содержания крахмала порядка 1,4%; ошибка в 0,1° соответствует ошибке в проценте содержания крахмала в 0,14%, ошибка в 0,2° — около 0,3%. Последнюю цифру можно считать обычной мерой точности прибора при определении крахмала по Эверсу (для работника средней опытности при проведении массовых определений).

Точный отсчет при поляриметрических определениях крахмала возможен только в том случае, если в растворе нет значительного количества взвешенных частиц. Тщательность осаждения белков и фильтрования имеет громадное значение. Для осаждения мы пользовались насыщенным раствором вольфрамОВОКИСЛОГО натрия.

Поляриметрировать следует немедленно после получения достаточного объема фильтрата, в противном случае иногда приходится прибегать к повторному фильтрованию.

Следует отметить, что в тех случаях, когда хотят полностью осадить белок (например, при определении сахара в зерновых продуктах), раствор после прибавления к нему осадителя умеренно нагревается в течение получаса на водяной бане. Здесь такой прием неприменим, так как нагревание кислого раствора продукта гидролиза крахмала может повлечь за собой изменение угла вращения — концен-

трация соляной кислоты после доведения до объема в 90 см³ равна приблизительно 0,6‰.

Необходимо обращать большое внимание на интенсивность и равномерность нагревания в кипящей водяной бане.

При проведении повторных определений наилучшее совпадение результатов получалось для продуктов с малым содержанием крахмала (отруби) и труднее всего получить удовлетворительное совпадение данных анализа муки, где содержание крахмала достигает 70—75‰ и выше.

Расхождение в повторных определениях для отрубей было порядка 0,1—0,2 деления, для муки расхождения иногда бывали значительно больше (до 1—2 деления), что заставляло проводить определения с 4-кратной (и больше) повторностью.

Объектом исследования служили продукты лабораторного помола твердой пшеницы (типа „Арнаутка“) и сортовой пшеницы „Кооператорка“.

Помол производился на механизированном станке „Лютер“, просевание на—лабораторном механизированном рассеве.

Зерно замачивалось до влажности 15,0—15,5‰. Для помола брался 1 кг зерна. Схема помола твердой пшеницы: 4 драных, 3 размольных и 2 вымольных системы. Сход с сита № 20 всех драных и размольных систем собирался отдельно (крупные отруби). Схода вымольных (сита № 5 и 10) дали красную крупку. Мука всех систем была смешана, что дало муку общего выхода 76,6‰.

Схема помола „Кооператорки“ была очень проста: 6 драных систем. Смешивание драной муки всех систем дало муку общего выхода—73,6‰. Схода с сит № 16 и 20 (5-го шрота) дали крупные отруби.

Сход 6-го шрота (сито № 10) дал красную крупку.

Характеристика исследованных продуктов дана в табл. 2.

Таблица 2

Название продукта	Зола на сух. вещ. (в ‰)	Выхода по балансу
I помол		
Зерно твердой пшеницы	1,75	—
Мука общего выхода	1,39	76,6
Красная крупка	2,63	18,0
Крупные отруби	4,10	5,4
II помол		
Зерно „Кооператорка“	1,55	—
Мука	0,85	78,6
Красная крупка	2,81	22,6
Крупные отруби	4,97	3,8

Результаты определения крахмала в продуктах помола твердой пшеницы приведены в табл. 3.

Рассматривая полученные данные, видим, что помол является специфическим и несравнимым с производственными помолами. Обращает на себя внимание высокое содержание крахмала в отходах и малое количество отрубей в истинном значении этого слова.

Таблица 3

Название продукта	Процент содержания крахмала на сухое вещество	Процент содержания крахмала с поправками по Scheele и Svensson	Примечание
Зерно твердой пшеницы . . .	63,9	62,8	Определение крахмала производилось в каждом отходе отдельно
Мука	70,8	70,3	
Красная крупка	44,0	—	
Крупные отруби	27,4	—	
Отходы в целом	39,2 ¹	35,4	

Однако это обстоятельство не является особенно важным, так как расчеты выходов основаны на общих арифметических соображениях и не связаны в данном простейшем случае со способом ведения технологического процесса.

Действительно, мы имеем все необходимое для расчета: 1) содержание крахмала: в зерне, 2) в муке, 3) в отходах (все, кроме муки).

В табл. 3 дан процент содержания крахмала без поправок и с поправками, причем поправка для отходов в целом принята равной 3,8% против чего, конечно, можно возражать, так как отход „красная крупка“ не вполне подходит под рубрику отрубей.

Поправка для муки в 0,5% взята из тех соображений, что мука эта высокозольная и содержит значительное количество сахаров.

(Согласно данным Кретовича о распределении сахаров в зерне можно принять как минимальную поправку 0,5%).

На основании результатов анализа продуктов помола твердой пшеницы были произведены расчеты выхода муки по проценту золы и процентному содержанию крахмала, причем для расчета по крахмалу были применены все три формулы Шоллера, приведенные им в его статье.

Результаты расчетов сведены в табл. 4.

Таблица 4

Выход по золе	Выход по балансу	Выход по основной формуле (без поправок)	Выход по основной формуле (с поправками)	Выход по формуле $A=100(2-P)$ (с поправками)	Выход по формуле $A=2(100-P)$ (с поправками)
76,4	76,6	78,2	78,5	88,1	59,4

Рассматривая данные табл. 4, приходим к выводу, что в единичных случаях представляется возможным ориентировочно вычислить процент выхода по крахмалу. Однако расхождение между величинами выхода по крахмалу и по золе, как видим, весьма значительно (2,1%) и превосходит допускаемые в нашей практике нормативы. Как было указано, для второго помола были получены еще менее удовлетворительные результаты. Причины этих расхождений сложны и в значительной степени связаны с методическими трудностями определения крахмала в продуктах помола.

¹ Число 39,2 вычислено.

Прежде всего укажем на обязательность пользования поправками на оптически активные углеводы.

Поправки, рекомендованные Svensson и Scheele, повидимому, были ими установлены на основании исследования западноевропейских образцов зерна, у нас же аналогичных работ не производилось. Возможно, что величины этих поправок могут быть для наших сортов зерна и продуктов помола совершенно другими.

Если подсчитать, какое влияние на величину выхода имеет, скажем, увеличение количества крахмала на 1% отдельно в зерне, муке и отходах, то получим следующие результаты: в первом случае мы получили бы выход 81,2%, вместо 78,5%, во втором—77,9%, вместо 78,5, а в третьем—76,6, вместо 78,5. Сопоставляя полученные нами опытные данные с приведенными здесь общими соображениями и расчетами, а также учитывая величину ошибок при поляриметрическом определении крахмала, приходим к выводу о нецелесообразности продолжения работы в намеченном нами вначале направлении.

Лишь после проведения массовых исследований наших главных сортов пшеницы и типичных продуктов помола из них представится реальная возможность расчета выходов по проценту содержания крахмала с учетом поправок на оптически активные углеводы. Вместе с этим большое значение приходится придавать уточнению существующих поляриметрических методов и разработке их новых модификаций.

Имеющиеся в литературе числовые данные, касающиеся вычислений выхода муки по крахмалу (работа Scholler, (1922), не дают представления о трудностях, связанных с этим методом, и являются совершенно случайными—расчет проводился по формуле $A = 2(100 - P)$, т. е. при предположении, что зерно содержит 50% крахмала, что является не правилом, а исключением. Вопрос проработан Шоллером исключительно с теоретической, расчетной стороны.

Из указанных им трех формул практическое значение может иметь формула $A = \frac{100(G-R)}{P-R} \%$, аналогичная формуле, применяемой для расчета выходов по зольности зерна, муки и отходов; формула для расчета по золе имеет вид $A = \frac{100(R-G)}{R-P}$ (сохраняя те же обозначения).

Следовательно, эти формулы могут быть превращены одна в другую при умножении числителя и знаменателя дроби на -1 .

Формула для расчета по зольности является общей для всех химических компонентов, содержание которых увеличивается от центра к периферии зерна, формула для крахмала была бы общей для показателей, меняющихся в обратном направлении.

Формула $A = 100(2 - \frac{P}{G})$ будучи арифметически правильной, для вычисления выхода в общем случае не пригодна (см. табл. 4). Относительно применения формулы $A = 2(100 - P)$ уже было сказано выше (см. также табл. 4).

Выводы

1. Сравнительная оценка описанных в специальной литературе химических и физико-химических методов характеристики чистоты помола дает основание считать, что определение крахмала представляет в этом отношении принципиальный интерес вследствие значительности содержания крахмала в продуктах помола и резкого на всем протяжении падения кривой процентного содержания крахмала по мере увеличения количества отрубянистых частиц во фракциях помола.

2. Химические методы определения крахмала весьма трудоемки и в обычной своей форме не обладают точностью, достаточной для целей технохимического контроля.

3. Наиболее простыми по выполнению являются некоторые поляриметрические методы определения крахмала, дающие возможность привести определение в течение примерно 1 часа (метод Эверса).

4. В результаты определения крахмала, а следовательно, и в результаты расчета выходов по проценту крахмала при пользовании поляриметрическими методами должны вводиться поправки на оптически активные растворимые углеводы, что является особенно важным потому, что ход изменения процента содержания крахмала в продуктах помола противоположен ходу изменения процента содержания сахаров.

5. Для расчета выходов по процентному содержанию крахмала можно применять общую формулу вида: $A = \frac{100(G-R)}{P-R}$. Другие формулы для расчетов в общем случае неприменимы.

6. Результаты расчетов выходов, проведенных авторами на основании поляриметрического определения крахмала в зерне и продуктах помола, а также примерные подсчеты указывают на необходимость определения поправок на оптически активные углеводы в наших сортах зерна и типичных продуктах помола, после чего лишь станет возможным детальное изучение данного способа расчета выходов, определение его точности и практическое его применение в случае благоприятного результата его массовой проверки.

7. Из вывода 6 с очевидностью вытекает, что в настоящее время определение выходов по крахмалу не может быть применено для практики техно-химического контроля. Однако в специальных случаях применение этого метода для техно-химического контроля не исключается, причем каждый раз должны быть учтены все присущие данному методу трудности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Проф. С. Г. Бейли, Химия пшеничной муки, Снабтехиздат, 1933.
2. F. Scholler, Berechnung der Ausmahlungsgrades der Mehle. Zeitschrift f. Unters der Nahrungs-und Genussmittel, 44 Band, Heft b., 1922 r.
3. Dr. K. V. Scheele-und Ing. G. Svensson, Über die Bestimmung von Stärke im Getreide und in Müllereiprodukten Zeitschrift f. das Ges. Getreidewesen № 12, 1928 r.
4. K ö n i g, Chemie der menschlichen Nahrungs-und Genussmittel III Band, Teil I—444—445.
5. Журнал „Zeitschrift für das Gesamte Mühlenwesen“ за 1924—1929 r.
6. Dr. Kurt-Seidel, Die Beziehungen zwischen dem Ausmahlungsgrad und der anatomischen und der chemischen Zusammensetzung der Weizenproducte Zeitschrift für das Ges. Mühlenwesen, H. 9, 1924.

Колориметрический метод количественного определения кукурузной муки в смеси ее с пшеничной

В связи с вопросом о правильном использовании кукурузной муки и возможности при хлебопечении примешивать ее в небольших количествах к пшеничной муке, а также и для других случаев является необходимым для контроля располагать достаточно точным и возможно простым методом количественного определения примеси кукурузной муки к пшеничной.

Предлагаемые многими авторами методы определения примеси кукурузной муки к пшеничной основаны в большинстве случаев на различии в строении и свойствах крахмальных зерен пшеницы и кукурузы и сводятся к следующим группам определений: 1) непосредственным микроскопическим рассматриванием крахмальных зерен и их подсчетов (Меллер, Леман и Шоль), причем для более резкого оттенения их природы иногда применяют предварительное окрашивание крахмала разными реактивами, как то: иодом, анилиновыми красками и пр. (Гастине); 2) рассматривание крахмальных зерен под микроскопом с поляризационным приспособлением и подсчет неодинаково окрашенных зерен (Акимов, Бухвальд, Вильсон, Гастине), 3) методы, основанные на различии коллоидных свойств крахмальных зерен разных злаков в отношении клейстеризации и набухания их при разных температурах или же при обработке их разными реактивами, как то: салицилово-натриевой солью, раствором едкого калия с глицерином, хлорал-гидратом и т. д. (Бухвальд, Вильсон, Гастине).

На практике, однако, такие методы, как количественные (подсчет отдельных зерен и определение весовых отношений в смеси), встречают большие затруднения. Определения по набуханию являются также недостаточно точными.

Метод определения химическим путем, данный Мильским и Г. Эйхгорном⁽¹⁾, основан на разной растворимости глиадины пшеницы и кукурузы в 95%-ном этиловом спирте. Там же указан упрощенный количественный способ, основанный на появлении мути в спиртовой вытяжке в присутствии кукурузной муки. Смирнов⁽²⁰⁾ дает метод определения примеси кукурузной муки, основанный на биуретовой реакции, который дает возможность определять присутствие примерно от 5% кукурузы.

Остановимся несколько на методах количественного определения пшеницы и кукурузы в их смесях, основанных на количественной разнице в их химическом составе. Для решения вопроса, насколько точными могут быть такие определения в случаях, когда неизвестен химический состав входящих в данную смесь отдельных компонентов,

необходимо коснуться химической характеристики пшеницы и кукурузы, а также и разных сортов муки. Имеющиеся литературные данные указывают на значительные колебания в химическом составе разных сортов пшеницы и кукурузы. Образцы того же самого сорта (чистой линии) также варьируют из года в год в зависимости от условий произрастания.

Из работ Мордовского⁽²⁾ видно, что коллективные опыты по сортоиспытанию четырех пунктов: Одесской, Аджемовской, Вознесенской и Херсонской сельскохозяйственных опытных станций установили значительное варьирование химического состава чистых линий озимой пшеницы „Кооператорки“ и „Земки“. Одесской селекционной станции урожая 1925 г. Содержание сырой золы в зернах колеблется: для „Кооператорки“ от 1,46 до 2,00%, для „Земки“ от 1,51 до 2,05%; содержание сырого протеина: для „Кооператорки“ от 15,44 до 19,59%, для „Земки“ от 17,13 до 21,63%.

Из работ Таланова⁽³⁾ видно, что пшеницы обнаруживают значительные колебания в отношении натуры, абсолютного веса, процента стекловидности зерна, содержания белковых веществ, выхода муки и хлебопекарных качеств в зависимости от естественно-исторических условий. Так, абсолютный вес зерна яровой пшеницы „Альбидум“ разных районов колеблется от 19,9 до 25,6; процент стекловидности: для „Альбидум“ от 6 до 58 и для „Цезиум“ от 57 до 97; содержание белковых веществ: для „Альбидум“ от 11,97 до 22,06% и для „Цезиум“ от 12,37 до 21,91%. Содержание белков для одного и того же сорта из разных районов (по средним за 3 года) колеблется: для „Альбидум“ от 14% (Краснодар) до 19,6% (Красный Кут).

Такие же колебания в химическом составе в зависимости от условий произрастания наблюдаются и в кукурузе.

Из работы Войтчишина⁽⁴⁾ видно, что у двадцати изучавшихся сортов содержание отдельных составных частей зерна сильно варьирует. Сырой протеин (по средним за три года): „Бисовая“—14,32%, „Стерлинг“—11,04%. Крахмал: „Грушевка“—68,41%, „Золотой Бен-там“—59,19%. Сырой жир: „Золотой Бен-там“—7,79%, „Грушевка“—3,96%. Содержание отдельных химических составных частей кукурузы одного и того же сорта по разным районам также варьирует (по средним за три года). 1925 г. в среднем для пяти сортов: сырой протеин от 9,66 до 12,86%; крахмал—от 65,66 до 69,04%; в 1927 г. в среднем для четырех сортов: сырой протеин от 11,41 до 13,57%; крахмал—от 65,19 до 68,55%.

Состав для одного и того же сорта кукурузы по одному и тому же географическому пункту в зависимости от условий отдельных лет варьирует: а) сырой протеин Одесской сельскохозяйственной станции 1925 г.—12,86%; 1926 г.—13,62%; станция „Надежда“ 1925 г.—11,60%, 1927 г.—12,84%; б) крахмал—66,21 и 68,92%.

Как известно, химический состав разных сортов пшеничной и кукурузной муки изменяется в широких пределах в зависимости от выхода. Далее необходимо отметить, что количественные соотношения между отдельными химическими соединениями, входящими в химическую группу, также являются различными как в разных сортах зерна, так и в разных сортах муки (общий и растворимый азот, глиадин пшеницы и зеин кукурузы по отношению к общему азоту и т. д.).

Такие резкие колебания в химическом составе муки, зависящие не только от помола но и от взятого зерна, не позволяют количественно анализировать их смеси по какому-нибудь химическому признаку в тех случаях, когда неизвестен химический состав и свойства компонентов, входящих в состав смеси. Для того чтобы метод анализа был более или менее надежным и точным, необходимо параллельно

с анализом неизвестной смеси анализировать отдельно пшеничную и кукурузную муку, составляющие смесь.

Рассматривая химический состав и свойства пшеницы и кукурузы, видим, что наиболее характерным количественным отличием их является: а) разница в содержании триптофана в белковом комплексе; б) серы в глинах и зеине; в) неодинаковая величина угла вращения плоскости поляризации в их вытяжках и г) различная растворимость глина и зеина в крепком спирте.

В основу настоящей работы положено наиболее характерное различие в составе между пшеницей и кукурузой, заключающееся в наличии триптофана в глинах и глютеине пшеницы, при полном отсутствии его в зеине кукурузы и наличии его в относительно небольших количествах в глютеине кукурузы. Количество триптофана в белках пшеницы и кукурузы точно не установлено⁽⁸⁾.

Герцфельд⁽¹²⁾ дает процентное содержание триптофана в глинах пшеницы—0,07%, в то время как Фолен и Лоуней⁽⁹⁾—в 1,14%, т. е. примерно в 16 раз больше, Фюрт и Нобель⁽¹¹⁾ дают 2%. Тильман и Альт⁽¹⁰⁾—0,84%.

Такая разница объясняется тем, что эти исследователи применяли разные методы определения триптофана; исследования велись с разными образцами, кроме того сами методы являются недостаточно точными. Для установления постоянства процентного содержания триптофана в глинах пшеничной муки Мильский⁽¹⁾ провел ряд определений в разных сортах муки разными методами. Наиболее удовлетворительным методом оказалась⁽¹²⁾ реакция с реактивом Эрлиха (Герцфельд, Май и Розе).

Этим методом в глинах разных сортов пшеничной муки найдено было в среднем 0,625% триптофана. Отклонения при этом в параллельных определениях в одной и той же мучной вытяжке составляли в среднем 3,5%, в максимуме 8,3%. Для параллельных вытяжек из одной и той же муки отклонения составляли в среднем 8,3%, в максимуме—21,1% и, наконец, процент триптофана в глинах, полученном из разной муки, давал отклонения от среднего $\pm 15\%$. Определения триптофана велись путем колориметрического сравнения мучных вытяжек со стандартным триптофановым раствором. Кукурузные спиртовые вытяжки давали всегда отрицательную реакцию на триптофан. Колебания процентного содержания глина и зеина по отношению к сырому протеину в зависимости от сорта муки доходили для глина до 10% в ту и другую сторону, а для зеина—в 5%.

Данные Мильского показывают, что как количество триптофана в глинах, так и количество глина по отношению к сырому протеину в разных сортах муки сильно колеблется.

Само определение триптофана является весьма неточным. Окраска стандартных растворов из чистого триптофана отличается от окраски мучных вытяжек и для более точных количественных определений в мельничных продуктах является мало пригодной. Триптофан представляет собою индол— α —аминопропионовую кислоту и обычно входит в состав белковой молекулы.

Наиболее типичными триптофановыми реакциями являются реакции окрашивания при действии на белки крепких кислот в присутствии альдегидов; при этом кислоты окрашиваются в красно-фиолетовый цвет (реакция Либермана). Наиболее пригодной кислотой для мельничных продуктов является дымящаяся соляная кислота. Соляная кислота, однако, действуя кроме того на входящие в состав мельничных продуктов углеводы и белки, при определенных условиях окрашивается при этом еще в дополнительные желто-бурые цвета вследствие осмоления некоторых сахаров и гумминизации белков.

Согласно Толленсу⁽¹³⁾ концентрированная соляная кислота, действуя в течение 4 час. при температуре в 40° на углеводы, окрашивается от мальтозы и арабинозы в слабожелтый цвет, от фруктозы— в черный цвет, от сахарозы— в темнокоричневый; глюкоза декстрины и крахмал не дают окраски. Некоторые сахара окрашивают кислоты уже в холодном состоянии, другие же— после некоторого нагревания. При действии крепких соляной и серной кислот на белковые вещества при нагревании образуются темнобурые хлопья—гуминовые вещества, которые, однако, на холоде или при слабом нагревании не образуются.

Многу был проведен ряд испытаний непосредственного действия крепких кислот на разные сорта пшеничной и кукурузной муки, приготовленных из разных сортов пшеницы и кукурузы, а также испытано действие кислот на спиртовые мучные вытяжки. Во всех случаях бралось 0,2 г муки и 10 см³ дымящейся соляной кислоты. Мука при этом во избежание образования комьев предварительно обрабатывалась 1 см³ спирта⁽¹⁴⁾. При действии кислоты на лучшие сорта пшеничной муки (с зольностью примерно до 1%) она через некоторое время окрашивается в интенсивный красно-фиолетовый цвет, постепенно переходящий вследствие осмоления углеводов сперва в слабый, а потом в более темный бурый цвет, затемняющий первоначальную окраску раствора. Растворы получаются при этом не совсем прозрачными. Первоначальная окраска видна в течение нескольких суток. Худшие же сорта пшеничной муки сразу окрашиваются в более темные буроватые цвета, и растворы получаются более мутными: в них плавают частички клетчатки, трудно поддающиеся разложению кислотами. От сильного нагревания окрашивание кислоты наступает быстро, цвет раствора получается красно-фиолетовый с бурым вследствие осмоления и гуминизации углеводов и белков. Степень нагревания и время нагревания влияют на скорость, характер и интенсивность окрашивания растворов. Если же действовать на муку дымящейся соляной кислотой в течение получаса, при температуре в 40° С, наступает полное окрашивание раствора. На холоде раствор окрашивается полностью лишь на другой день (Берлинер и Кноптлан)⁽¹⁴⁾. Окрашивание мучных растворов в красно-фиолетовый цвет объясняется реакцией на триптофан, содержащийся в белках пшеницы, в присутствии фурфурола (образующегося от действия дымящейся соляной кислоты на отрубчатые частицы муки) и оксиметил фурфурола (образующегося из фруктозы). Это представляет собою реакцию альдегидной группы фурфурола с группой индола триптофана в присутствии избытка соляной кислоты (Роде)⁽¹⁵⁾, почему и нет надобности отдельно прибавлять к муке фурфурола или другое альдегидное соединение.

Имеется целый ряд реакций на триптофан. Из триптофановых реакций с применением разных реактивов можно указать на следующие: Тильман и Альт⁽¹⁶⁾, Комма⁽¹⁶⁾, Куазен⁽¹⁷⁾, Краус⁽¹⁸⁾, Герцфельд, Май и Розе⁽¹²⁾ и др., однако при испытании мельничных продуктов очень простой и удобной является обычная либермановская реакция⁽¹⁴⁾, которая и взята в основу настоящей работы.

При действии дымящейся соляной кислоты на разные сорта кукурузной муки, приготовленной из разных сортов кукурузы, кислота на холоде, а также при нагревании в течение получаса при 40° С в зависимости от сорта взятой муки и кукурузы остается почти бесцветной или же окрашивается в буроватые цвета, а некоторые сорта— в слабый красно-фиолетовый цвет. Растворы получаются более мутными, чем пшеничные. Плавающие в растворе частицы окрашены в бурый и красно-фиолетовый цвета, не переходящие заметно в раствор в некоторых сортах кукурузы. Зеин кукурузы не содержит триптофана и

реакции окрашивания не дает; в глютенине кукурузы он имеется в небольшом количестве, почему окрашивание растворов в слабый красно-фиолетовый цвет следует приписать его присутствию в этой белковой части. При нагревании кукурузные растворы так же, как и пшеничные, получают более темными вследствие осмоления и гумминизации углеводов и белков.

Для получения прозрачных растворов часть пшеничных и кукурузных солянокислых растворов была профильтрована через асбестовый фильтр; фильтраты при этом получались совершенно прозрачными и годными для колориметрических сравнений. При параллельных сравнениях фильтрованных и нефильтрованных растворов оказалось, что муть и плавающие взвешенные частицы клетчатки в последних не мешают сравнению и, чтобы не усложнять работы, фильтрование в дальнейшем не применялось. Интенсивность и характер окраски получаемых солянокислых растворов пшеничной и кукурузной муки настолько резко отличаются между собою, что представляется возможным по их окраске количественно определять в обыкновенных колориметрических трубках соотношение обоих сортов муки в их смесях. Получается сочетание окрасок раствора пшеничной муки с резко выраженным красно-фиолетовым цветом и кукурузной слабо окрашенной главным образом в буроватый цвет. Смеси, содержавшие небольшие количества кукурузной муки (5 и 10%), несмотря на сильное преобладание красно-фиолетового цвета от пшеничной муки в сочетании с небольшим количеством слабо окрашенного раствора кукурузной муки, также были хорошо различаемы. Реакции окрашивания на триптофан были проведены также в спиртовых вытяжках разных сортов пшеничной и кукурузной муки, причем вытяжки обрабатывались дымящейся соляной кислотой с добавлением к ним фурфурола. Для того чтобы получить раствор, содержащий только глиадин пшеницы и зеин кукурузы, и тем самым освободить его от глютеина кукурузы, содержащего триптофан, был применен как растворитель 75%-ный этиловый спирт. Глиадин пшеницы лучше всего растворяется в 70%-ном спирте, зеин кукурузы в 80—85%-ном спирте, а глютеин пшеницы и кукурузы совсем не растворяется в спирте (Прянишников) (8). Для растворения белков мука обрабатывалась спиртом в течение трех часов и раствор фильтровался через обыкновенный фильтр. Следует, однако, заметить, что полного извлечения растворимых белков такой обработки достигнуть нельзя, при этом извлекается всего лишь около 70% растворимых белков. Наблюдаются также отклонения в содержании азота в дублированных образцах. Соотношения продукта и спирта брались разные. Фильтраты при этом получаются прозрачными. От прибавления к спиртовым фильтратам дымящейся соляной кислоты и нескольких капель свежеприготовленного фурфурола фильтраты пшеничной муки сейчас же окрашивались в красно-фиолетовый цвет; кукурузные вытяжки давали отрицательную реакцию на триптофан и в зависимости от взятого сорта кукурузы были или почти бесцветными или окрашенными в буроватый цвет. Худшие сорта как пшеничной, так и кукурузной муки давали после обработки более темные бурые дополнительные окрашивания.

Параллельные колориметрические определения, произведенные со спиртовой вытяжкой и солянокислыми растворами, полученными непосредственной обработкой муки соляной кислотой, дали вполне удовлетворительные результаты; неполная прозрачность кислотных вытяжек мало отражалась на точности колориметрических сравнений. Поэтому извлечение белков спиртом в дальнейшем было оставлено в целях упрощения метода.

Таким образом пришлось остановиться на методе непосредственной обработки муки дымящейся соляной кислотой с предварительным добавлением небольшого количества спирта для того, чтобы не образовывались комья. С целью установления точности такого способа был проделан ряд сравнений смесей, приготовленных из разных количеств кукурузной и пшеничной муки. Мука обрабатывалась в пробирках одинакового диаметра из бесцветного стекла. Колориметрические сравнения производились в компараторе Вальполя с одним белым матовым стеклом позади. Исследования показали, что наиболее удобным для колориметрических сравнений оказалось соотношение 2 г муки на 100 мл кислоты. Более четко и ясно сравнимыми являются не слишком густо окрашенные растворы. Разница примеси кукурузной муки в 2% при этом легко устанавливалась. Большая точность требует известного навыка.

Методика определения

Приготовление стандартного раствора. Отвешивают 2 г чистой пшеничной и 2 г чистой кукурузной муки, из которых составлена испытуемая смесь и вносят их в две маленькие эрленмейеровские колбы. Прибавляют в каждую из них во избежание образования комьев точно по 10 см³ этилового спирта. Содержимое колбочки взбалтывают и тотчас же в каждую из них прибавляют по 100 см³ дымящейся соляной кислоты и снова взбалтывают их до получения равномерной смеси. Во избежание выделения тяжелых паров соляной кислоты колбочки закрываются пробками. Затем ставят их на водяную баню, нагретую до 40° (или на другой подогреватель), на полчаса, время от времени взбалтывая содержимое колбочек. При этом солянокислые растворы пшеничной и кукурузной муки окрашиваются в характерные для них соответственно красно-фиолетовый и буроватый цвета. После нагревания колбочки вынимаются, а их содержимое тщательно перемешивается и растворы готовы для приготовления стандартной цветной шкалы.

Солянокислые растворы можно и не нагревать, но в таком случае полное окрашивание раствора наступает на другой день, после чего приступают к приготовлению шкалы. Для этого приготовленные тем или другим способом пшеничный и кукурузный растворы переливают в две микробюретки с пробками и из них составляют в зависимости от желаемой точности смеси. Для приготовления стандартной шкалы берут набор трубок одинакового диаметра из бесцветного стекла (несслеровские трубки), в которые непосредственно и наливают растворы в желаемых объемных соотношениях.

Чтобы приготовить шкалу, в которой каждая последующая ступень отличалась бы от предыдущей по интенсивности окраски, отвечающей 5% примеси кукурузной муки, распределяют оба основных раствора следующим образом: трубка № 1—10 см³ пшеничного раствора; № 2—9,5 см³ пшеничного и 0,5 см³ кукурузного раствора; № 3—9 и 1 см³; № 4—8,5 и 1,5 см³ и т. д., что соответствует примеси кукурузной муки в 0%, 5%, 10% и т. д.

Для анализа смесей с небольшим количеством кукурузной муки можно ограничиться приготовлением только первой четверти всего числа трубок или даже еще меньшим их количеством. Если при сравнениях интенсивность окраски испытуемого образца не будет совпадать с каким-нибудь цветом стандартных трубок, а будет соответствовать промежуточному между двумя соседними трубками цвету, то берется среднее значение. Такая шкала дает возможность определять примесь кукурузы с точностью до 2,5%, а примесь лучших сортов пшеницы—до 1%.

Приготовить цветную стандартную шкалу можно еще и путем непосредственной обработки соляной кислотой, предварительно приготовленных сухих смесей кукурузы и пшеничной муки для каждой трубки отдельно. В этом случае необходимо брать 0,2 г смеси, 1 см³ спирта и 10 см³ дымящейся соляной кислоты и применять трубки с притертыми пробками; поворачиванием трубок можно перемешивать содержимое их.

Растворы в трубках постепенно буреют, и сравнение одновременно приготовленных растворов можно ввести лишь в течение нескольких дней, следовательно, стандартная шкала годна лишь для сравнений с такой серией испытуемых образцов, которые приготовлены одновременно с ней.

Производство определения. Растворы готовятся одновременно с цветной стандартной шкалой.

0,2 г испытуемой смеси пшеничной и кукурузной муки вносят в сухую колориметрическую трубку с притертой пробкой одинакового диаметра со стандартной. Если трубок с притертыми пробками не имеется, то можно пользоваться и обыкновенными, снабдив их пробками, через которые продета стеклянная палочка для перемешивания содержимого их. Прибавляют 1 см³ спирта, перемешивают муку и сейчас же прибавляют 10 см³ дымящейся соляной кислоты, вновь перемешивают содержимое и ставят закрытые пробкой трубки одновременно со стандартными на водяную баню. Нагревание ведут так же, как указано выше при 40° в течение получаса. По истечении этого времени, а без нагревания на другой день содержимое трубки перемешивается, палочки вынимаются и полученный цветной раствор сравнивают с окраской стандартных трубок.

Сравнение растворов лучше всего производить в двухрядном вомпараторе Вальполя, пользуясь для этого одним матовым стеклом к качестве фона.

Исследуемый образец ставится в переднее среднее гнездо компаратора, а в два боковых — ближайшие по цвету стандартные трубки.

В три задние гнезда ставятся трубки с водой. Если сила окраски образца одинакова с окраской более слабой стандартной трубки, то для окончательной проверки правильности подбора цвета можно еще эти трубки поменять местами; если и в этом случае получится полное совпадение, то можно считать определение законченным. В случае несовпадения окраски промежуточное число определяется интерполированием на-глаз и берется среднее число.

ЛИТЕРАТУРА

1. А. Мильский и Г. Эйхгорн, Украинский химический журнал, кн. 4, 1928 г.
2. Г. Е. Мордовский, Химический состав и продукция протеиновых веществ зерна „Кооператорки“ и „Земки“ в связи с географическими факторами Одесской области, Аджемовская сельскохозяйственная опытная станция, Наркомзем УССР, вып. 15-й, 1926 г.
3. В. В. Таланов, Качество зерна яровой и озимой пшеницы и его изменения в зависимости от районов и сортов. Труды Всесоюзного съезда по генетике и селекции. т. V, стр. 205, 1929 г.
4. Н. В. Войтчишин, Химия сортов кукурузы и ячменя по районам Украины, Труды Всесоюзного съезда по генетике и селекции. т. V, стр. 237, 1929 г.
5. C. H. Bailey, The Chemistry of wheat flour, 1925 г.
6. Neumann, Brotgetreide und Brot, 1929 г.
7. Maurizio, Nahrungsmittel aus Getreide 2 Auf 1924 г.
8. Прянишников, Белковые вещества, стр. 122, 1926 г.
9. Folin и Looney, Journ. of biolog. Chemistry m. 67, стр. 39.
10. Thilman и Alt, Biochem., Zeitschrift, 164 стр. 135—162.
11. Fürth, Biochem. Zeitschrift, 169 стр. 117.

12. E. Herzfeld, Biochem, Zeitschr., 56 стр. 258.
E. May, R. Rose, т. I, стр. 770, 1923 г.
13. Tollens, Kurzes Handbuch der Kohlenhydrate, 1914 г.
14. Berliner u. Knoopman, Zeit. f. d. ges Mühlenwesen, 1928 Н. 3.
15. Erwin Rohde, Zeitschrift f. phys Chemie, 44 стр. 161.
16. C (1926 г.), II стр. 1892.
17. C (1906 г.), I стр. 90.
18. C (1926 г.), I стр. 2178.
19. В. С. Смирнов, „Мукомольная и хлебопекарная техника“ № 3, 1930 г.

Доц. Б. С. Дмитриев

К вопросу о зольном азоте в связи с применением азотной кислоты в качестве ускорителя

Применение азотной кислоты в качестве ускорителя при определении зольности в растительных объектах вызывает следующее возражение: будучи прилита к золе в количестве нескольких капель, азотная кислота является не только разрыхлителем и окислителем, способствующим быстрому сгоранию угольных частиц, но и может действовать как активная кислота, вытесняя другие кислоты из солей, составляющих золу.

В работе Проскурякова и Темерина (13-й выпуск трудов ВНИИЗ) отмечается, что применение азотной кислоты может увеличивать вес золы в тех случаях, когда последняя содержит значительное количество карбонатов; при обработке азотной кислотой карбонаты переходят в нитраты, что сопряжено с увеличением веса. (См. также работу Казакова и Трисвятского — «Изв. Томского института технологии зерна и муки», т. I, вып. 6-й).

Необходимо отметить, что ошибка, возможная в этом случае, значительно уменьшается благодаря тому, что нитраты щелочных металлов разлагаются при температуре несколько выше их температур плавления, переходя в нитриты. Так как KNO_3 плавится при 336° , а NaNO_3 — при 308° , то присутствие этих солей в золе, вообще говоря, исключается при обычном количественном озолении в муфеле или на горелке. Нитраты щелочно-земельных металлов также не отличаются прочностью, давая при разложении главным образом твердые окислы, газообразные окислы азота и кислород.

Согласно стехиометрическому подсчету 138 весовых частей K_2CO_3 дают 202 части KNO_3 и только 170 частей KNO_2 . Следовательно, даже при наличии в золе 2 мг K_2CO_3 увеличение веса золы может составить около 0,4—0,5 мг, что при расчете на процент золы даст ошибку порядка 0,02% (при навеске продукта в 2—2,5 г и зольности около 1%).

При большем количестве карбонатов ошибка в определении зольности перейдет пределы допустимого.

Во время самой обработки золы азотной кислотой возможно образование заметных количеств нитратов благодаря взаимодействию фосфатов (и сульфатов) с азотной кислотой. Однако при последующем выпаривании и слабом прокаливании образовавшиеся таким образом нитраты должны разложиться благодаря вытеснению азотной кислоты нелетучими фосфорными кислотами и улетучиванию азотной кислоты.

Основной задачей данной работы является количественное определение азотсодержащих солей в золе, подвергнутой обработке концентрированной азотной кислотой, что дает возможность судить о порядке ошибок, обуславливаемых применением азотной кислоты как ускорителя.

Вопросы методики определения золы имеют наибольшее значение для теххимического контроля мукомольного производства, а также для агрохимических исследований сортового зерна, поэтому автор ограничил свою задачу исследованием золы зерна пшеницы и нескольких продуктов лабораторного помола (см. табл. 1).

Таблица 1
Характеристика опытного материала

№	Образцы	Зола (в %)	Влаж- ность (в %)
	Твердая пшеница (типа „Арнаутки“)		
1	Зерно	1,76	12,2
2	Мука	1,39	14,0
3	Мелкие отруби	2,63	12,0
4	Крупные отруби	4,10	12,0
	Пшеница „Коопе- раторка“		
5	Зерно	1,55	14,6
6	Мука	0,85	14,5
7	Мелкие отруби	2,81	14,2
8	Крупные отруби	4,97	13,3

Оперируя с небольшими навесками продуктов помола (от 2 до 5 г), можно получить лишь незначительное количество золы, достигающее нескольких сотых грамма, максимум—0,1—0,2 г, в случае определения зольности в отрубях. Это обстоятельство определяет выбор методики; при таких количествах анализируемого материала качественное и количественное определение азотнокислых и азотистокислых солей возможно лишь при помощи чувствительных колориметрических методов. Практически пришлось ограничиться определением со-

держания нитритов; так как, наличие азотнокислых солей в золе, полученной в результате тщательного 4—7-часового озоления при 600° является совершенно невероятным. Качественные реакции на присутствие азотнокислых солей (реактив: брудин + конц. H_2SO_4) дали во всех случаях отрицательный результат.

Для определения нитритов был применен метод P. Griess (реактив: уксуснокислый раствор сульфаниловой кислоты и α -нафтиламина). Этот крайне чувствительный метод дает возможность определить даже 0,00001 мг N_2O_3 в 1 куб. с. раствора, а предел чувствительности его при сравнении толстых слоев растворов достигает 0,001 мг в 1 л.

Определение нитритов в золе производилось следующим образом: навески от 2 до 5 г озолялись в узких тиглях одного размера емкостью около 15 см³; озоление проводилось в электрическом муфеле, причем обращалось особое внимание на нормальное проведение первого периода озоления; зола не сплавлялась, температура печи не превышала 600°; озоление продолжалось от 4 до 7 час. Образцы, необработанные азотной кислотой, озолялись до получения светлой золы без видимого присутствия углеродистых частиц. Параллельные образцы озолялись до получения комков темной, содержащей значительные количества углерода, золы и обрабатывались 15 каплями 65% химически чистой HNO_3 . После 15-минутного стояния азотная кислота осторожно выпаривалась на воздушной бане, тигли ставились в муфель и прокаливались до получения чистой золы.

Зола всех образцов подвергалась экстракции в течение 1½—2 час., причем приливалось 5 см³ дистиллированной воды. Экстракция проводилась на холоде и при нагревании до 50°. Зола тщательно растиралась и размешивалась в тигле посредством стеклянной палочки. Для колориметрического определения бралось пипеткой 3 см³ мутной вытяжки и затем прибавлялось 2 см³ дистиллированной воды и 5 капель реактива Griess. Стандартные растворы готовились за час до определения; каждая пробирка заключала 5 см³ стандартного раствора + 5 ка-

пель реактива Griess. Пробирки закрывались резиновыми пробками. При прибавлении реактива Griess к зольным вытяжкам жидкость просветляется и твердый остаток собирается на дне пробирки.

Большая чувствительность метода Griess требует и большой осторожности при пользовании им. В атмосфере лаборатории всегда имеются следы окислов азота, что легко обнаруживалось: фильтровальная бумага, смоченная реактивом, краснела через 10—15 мин. При проведении опытов ставилось несколько контрольных пробирок с дистиллированной водой. Слабое розовое окрашивание указывало на содержание N_2O_3 значительно меньше 0,00001 мг в 1 см³ воды, причем интенсивность этой краски оставалась почти постоянной в течение 2—3 суток. При проведении экстракции золы ставились контрольные тигли с 5 см³ дистиллированной воды. Определение нитритов в этом случае дало примерно 0,00001—0,000015 мг в 1 см³. Это обстоятельство, вероятно, указывает на более интенсивное поглощение окислов азота благодаря большей поверхности жидкости в тигле (по сравнению с пробиркой).

Учитывая результаты контрольных опытов с дистиллированной водой, приходим к выводу, что обнаружение в зольной вытяжке количеств N_2O_3 порядка 0,00001—0,00002 мг в 1 см³, в условиях данной работы может обуславливаться поглощением окислов азота из воздуха.

Полученные данные сведены в табл. 2 и 3.

Таблица 2

Содержание нитритов в водной вытяжке из золы продуктов помола твердой пшеницы (считая на N_2O_3).

№ п/п	Название продукта	Опыт I				Опыт II			
		Навеска продукта (в г)	Колич. золы в навеске (в г)	Найдено N_2O_3 на 1 см ³ вытяжки (в мг)		Навеска продукта (в г)	Колич. золы в навеске (в г)	Найдено N_2O_3	
				Без HNO_3	С HNO_3			Без HNO_3	С HNO_3
1	Зерно	3	0,046	0,00001	0,00001	5	0,076	0,00001	0,00001
2	Мука	3	0,036	0,00002	0,00001	5	0,060	0,00001	0,00001
3	Мелкие отруби (красн. крупка)	3	0,069	0,00001	0,00001	—	—	—	—
4	Крупные отруби	2	0,072 ¹	0,00001	0,00001	—	—	—	—

Несколько иные результаты были получены при испытании золы продуктов из пшеницы „Кооператорка“. Пробы, обработанные концентрированной азотной кислотой, дали в большинстве случаев интенсивное окрашивание; пробы, необработанные азотной кислотой, дали слабое окрашивание порядка 0,00002 и максимум — 0,00004 мг в 1 см³ вытяжки (разбавленной, как указано в описании методики).

Зола продуктов твердой пшеницы в первом случае экстрагировалась на холоде, во втором случае — при нагревании до 50° (соответственно 2 и 1,5 часа), зола продуктов „Кооператорки“ экстрагировалась 1,5 часа при нагревании до 50°.

Пересчитывая полученные данные на процент KNO_3 в золе обработанной HNO_3 (для продуктов из „Кооператорки“), имеем для золы

¹ Цифры округлены.

Таблица 3

Содержание нитритов в водной вытяжке из золы продуктов помола пшеницы „Кооператорка“ (считая на N_2O_3).

№ п/п.	Название продукта	Опыт I				Опыт II			
		Навеска продукта (в г)	Кол-во золы в навеске (в г)	Найдено N_2O_3 на 1 см ³ вытяжки (в мг)		Навеска продукта (в г)	Кол-во золы в навеске (в г)	Найдено N_2O_3 на 1 см ³ вытяжки (в мг)	
				Без HNO_3	С HNO_3			Без HNO_3	С HNO_3
1	Зерно „Кооператорка“ . . .	5	0,066	0,00002	0,0003	2,63 2,36	0,035 0,031	0,00004	0,00015
2	Мука	5	0,036	0,00002	0,0001	3,25 2,85	0,023 0,020	0,00003	0,00007
3	Мелкие отруби	3 2	0,072 0,048	0,00001	0,0003	3,18 2,55	0,076 0,061	0,00003	0,00015
4	Крупные отруби	—	—	Не определялось	—	2,01 2,01 ¹	0,088 0,088 ¹	0,00001	0,0003

зерна — 0,009% KNO_3 , для муки — 0,005—0,006%, для мелких отрубей — 0,005—0,01%, для крупных отрубей — 0,006%.

Абсолютные количества нитритов (считая на KNO_2) в этих навесках золы колебались от 0,002 до 0,006 мг—количества, не имеющие практического значения при обычном аналитическом взвешивании.

Рассматривая данные, характеризующие образцы золы, не обработанные азотной кислотой, можем констатировать, что в этом случае количество азотистокислых солей обычно не превышает ошибок опыта. Несколько повышенное (но абсолютно ничтожное) количество N_2O_3 в вытяжке золы дали продукты из „Кооператорки“ (0,00003 и 0,00004 мг N_2O_3 в 1 см³). При пересчете на процент KNO_3 в золе это составляет около 0,001%, в миллиграммах—до 0,0007 мг KNO_3 . В данном случае приходится быть особенно осторожным, принимая во внимание крайнюю незначительность этих количеств, а также малую вероятность наличия минерального азота в зрелом зерне и полученной из него золе.

Результаты определения нитритов в золе пшеницы и продуктов помола могут иметь лишь ориентировочно количественное значение, так как содержание нитритов должно находиться в зависимости от ряда факторов:

- 1) от количества углеродистых частиц в момент обработки азотной кислотой;
- 2) количества самой кислоты и степени щелочности золы;
- 3) содержания кремнезема в золе;
- 4) температуры печи;
- 5) времени прокаливания и др.

Во всяком случае нужно думать, что основной вывод данной работы о практическом отсутствии азотсодержащих солей в золе, обработанной азотной кислотой, является справедливым для пшеницы

¹ Цифры округлены. Эти навески служили для определения зольности продуктов. Верхние цифры в каждой паре отвечают образцам, необработанным азотной кислотой.

вообще¹. Химический состав зерна пшеницы является весьма типичным и качественно достаточно постоянным.

Зола зерна пшеницы и некоторых других видов злаков (рожь, кукуруза и др.) неизменно характеризуется преобладанием фосфорнокислых солей—около 50% золы приходится на P_2O_5 . Имеющиеся в литературе анализы золы зерна не указывают на наличие карбонатов. Этот факт можно связать с ничтожным содержанием органических кислот и их солей в зерне. В противовес этому некоторые травянистые растения и древесина, дающие при сжигании значительный процент поташа и соды, характеризуются золой с небольшим количеством фосфорных солей и содержат наряду с углеводами некоторое количество солей органических кислот.

Кроме того при озолении материала с высоким содержанием фосфорных соединений, очевидно, нет благоприятных условий для образования карбонатов и все катионы входят в состав золы преимущественно в виде пиро- и метафосфатов (B. Sullivan and C. Near, 1927 г.).

ЛИТЕРАТУРА

1. Прбсcurяков и Темерин, Об одном ускоренном способе определения зольности в муке. Труды ВНИИЗ № 13, 1934 г.
2. Казаков и Трисвятский, О быстрых методах определения зольности, „Известия Томского института технологии зерна и муки“, т. I, вып. 6-й, 1935 г.
3. Ф. Эфраим, Неорганическая химия, т. II, 1933 г.
4. Проф. Благовещенский, Биохимия растений, 1934 г.
5. Проф. Н. И. Иванов, Методы физиологии и биохимии растений, 1935 г.
6. Биохимия культурных растений I. Хлебные злаки, 1936 г. Статья проф. Н. Н. Иванова и М. И. Княгиничева.
7. Акад. Гедройц, Химический анализ почв. Раздел о колориметрических определениях, 1932 г.
8. B. Sullivan and C. Near, The Ash of Hard Spring Wheat and its Products, Industrial and Engin. Chemistry, vol. 19, p. 498, 1927 г.
9. Бейли, Химия пшеничной муки, 1933 г.

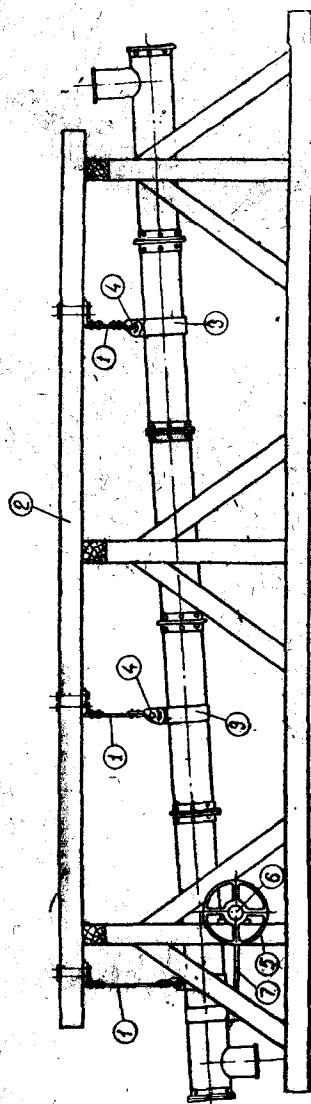
¹ Автор далек от мысли рекомендовать применение азотной кислоты для производственных лабораторий. Имеется ряд ускоренных методов, менее хлопотливых и быстрее достигающих цели.

Проф. В. И. Ильченко, инж. Н. Ф. Уголик,
инж. З. М. Ярошевский

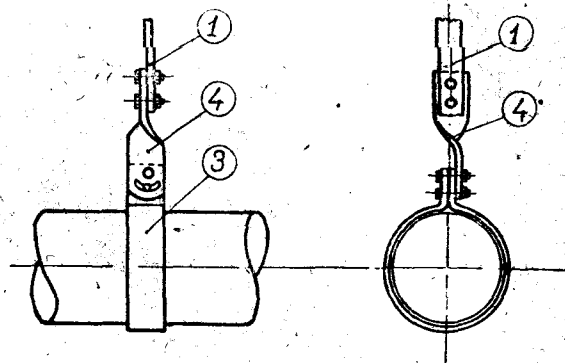
Качающийся транспортер

1. Общее описание установки

Опытная установка качающейся трубы (см. схему установки) была устроена на учебно-исследовательской мельнице института.



Фиг. I



Фиг. II

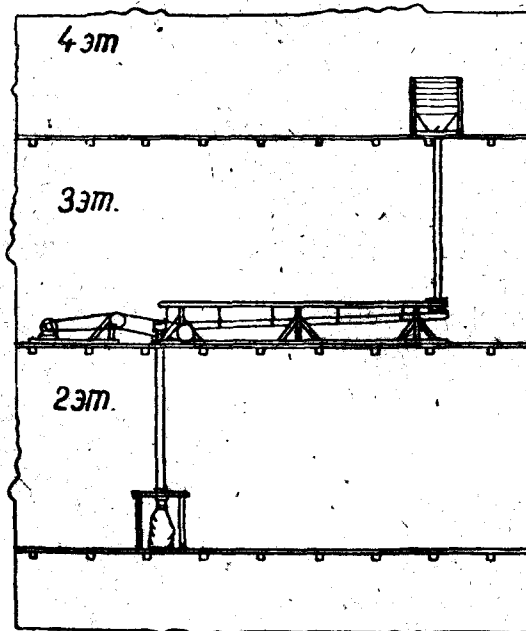
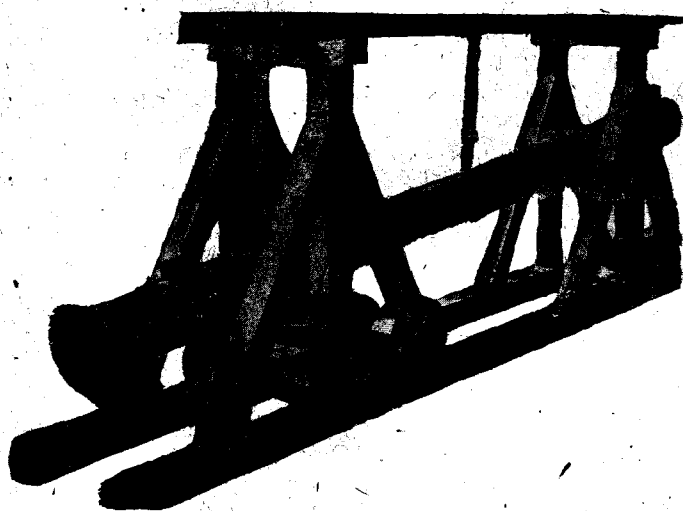


Схема установки д/испытания вибр. трубы на опытной м-це Ин-та.

Фиг. III



Фиг. IV



Фиг. V

Фиг. I, II, III, IV, V. Качающийся транспортер

Труба была установлена на третьем этаже мельницы; на четвертом этаже был установлен заком, соединенный цитательной точкой с трубой; на второй этаж была выведена точка, принимающая продукт из трубы и заканчивающаяся специальным патрубком. Здесь же происходило взвешивание на десятичных весах.

Труба подвешена (фиг. I и II) на упругих тягах (1) к деревянной станине (2) при помощи хомутов (3) и скоб (4), позволяющих изменять наклон тяг к оси трубы благодаря имеющимся в скобах дуговым пазам. Привод осуществлялся от электромотора ременной передачей к шкиву (5) коленчатого валика (6) и далее упругой скалкой (7), соединенной с укрепленным на трубе хомутом. Изменение эксцентриситета достигалось путем замены коленчатых валиков, а изменение числа оборотов валика — заменой шкивов.

Труба изготовлена из листового железа толщиной в 1,5 мм; швы — сварные. Внутренний диаметр трубы — 200 мм.

Общий вид установки и привода ясен из схемы, фиг. I и фотографий на фиг. IV и V.

2. Цель исследования

Задача исследования заключалась в определении производительности трубы как функции числа оборотов (n), амплитуды колебания (r), угла наклона (α), длины (L) и диаметра трубы (D) при разных продуктах. Для этого было произведено две серии опытов при $r = 6$ мм и $r = 10$ мм.

Числа колебаний трубы изменялись при помощи шкивов и были равны 380 и 530 колеб./мин. Угол наклона был равен 4,5—6—8°.

Общая методика испытаний принята была следующая:

1. Определение среднего нормального режима работы транспортера при данных условиях (r , n , α , D), где:

r — амплитуда колебаний трубы;

n — число об./мин эксцентрикового валика;

α — угол наклона трубы к горизонту;

D — диаметр трубы.

2. Определение коэффициента наполнения трубы ψ для данного продукта непосредственным измерением.

3. Определение производительности непосредственным взвешиванием количества продукта, перемещенного трубой за единицу времени.

4. Определение скоростей движения продукта непосредственным измерением.

5. Наблюдение за процессом перемещения материала в трубе.

3. Степень заполнения трубы и ее влияние на скорость движения и производительность

Во время опытов было обнаружено, что труба неравномерно заполнена продуктом по длине.

Если обозначить S — поперечное сечение трубы и s — поперечное сечение слоя продукта, то степень заполнения данного сечения будет определяться, как отношение

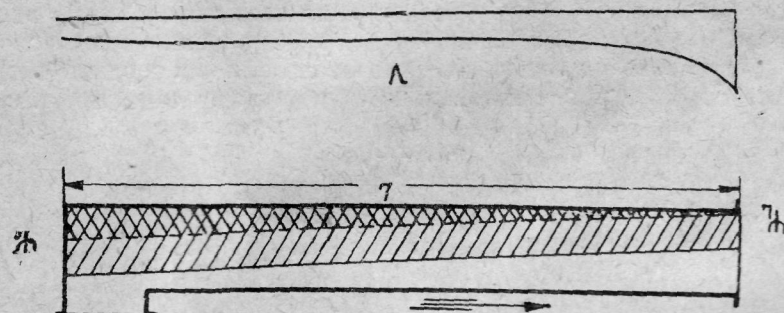
$$\psi = \frac{s}{S} < 1.$$

Изменение степени заполнения ψ по длине трубы происходит по кривой, тем больше приближающейся к прямой, чем более подвижным

является продукт. График изменения ψ по длине трубы для зерна изображен на фиг. 1.

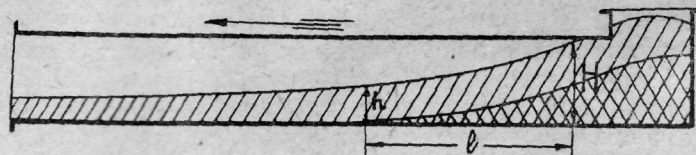
Здесь ψ_0 —степень наполнения у приемного конца трубы; ψ_L —степень наполнения у выпускного конца трубы.

Поверхность зерновой массы во время работы трубы представляется плоской с наклоном к сходовому концу.



Фиг. 1¹

Если же взять такой продукт, как мучка, то картина изменения степени заполнения трубы по длине будет иной (фиг. 2). Поперечное



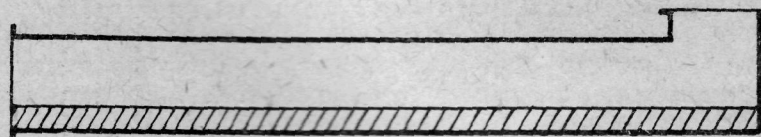
Фиг. 2

сечение массы продукта изменяется по показательной кривой типа $h = He^{-at}$.

По такому же закону меняется и толщина слоя продукта.

В случае продуктов с большим коэффициентом трения труба на значительной длине остается почти пустой в то время, как приемный конец забит.

Если бы толщина слоя по всей длине трубы была одинаковой (фиг. 3), то это свидетельствовало бы о том, что скорость движения



Фиг. 3

продукта в любом поперечном сечении трубы одинакова. Но так как в действительности толщина слоя увеличивается к приемному концу, то средняя скорость v движения частиц в каждом поперечном сечении должна уменьшаться таким образом, что произведение из средней скорости на поперечное сечение слоя

$$A = vs$$

будет постоянной величиной для данной трубы.

¹ Фиг. 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9—качающийся транспортер.

Если поперечное сечение слоя s увеличивается по прямой линии, то средняя скорость v будет, следовательно, падать по гиперболе, как показано на фиг. 1. Для случая крутого возрастания поперечного сечения (фиг. 2) падение средней скорости будет еще более значительным.

Разберем теперь вопрос о том, как отличается скорость верхних слоев от нижних в каждом поперечном сечении.

В случае прямолинейного возрастания толщины (фиг. 1) верхний слой частиц находится по всей длине трубы в одинаковых условиях, поэтому и скорость их будет одинакова. Но так как средняя скорость изменяется обратно пропорционально поперечному сечению, т. е.

$$v = \frac{A}{s},$$

то, следовательно, скорость нижних слоев массы продукта должна быть меньше верхних, как это показано на фиг. 4.



Фиг. 4

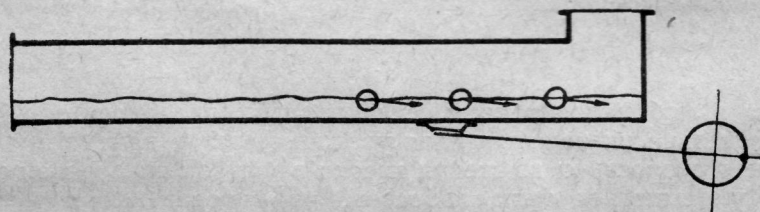
Область, заштрихованная дважды на фиг. 1, должна иметь весьма малую скорость. То же относится и к фиг. 2.

В то время, как верхний слой на фиг. 1 имел совершенно одинаковую скорость вдоль всей длины трубы, верхний слой на фиг. 2 имеет в различных точках разную скорость, так как он имеет различный угол наклона, увеличивающийся по направлению к приемному концу.

Неравномерное распределение толщины слоя продукта является следствием нескольких причин. Во-первых, давление в нижних слоях продукта больше, чем в верхних, а следовательно, и больше сила трения. Это обстоятельство уменьшает подвижность нижних слоев. Во-вторых, сила инерции в одном из мертвых положений трубы производит сдвиги в массе продукта, способствующие увеличению толщины слоя продукта у приема.

Пусть сила инерции наклонена к оси трубы, а труба находится в крайнем правом положении, тогда сила инерции направлена направо (фиг. 5).

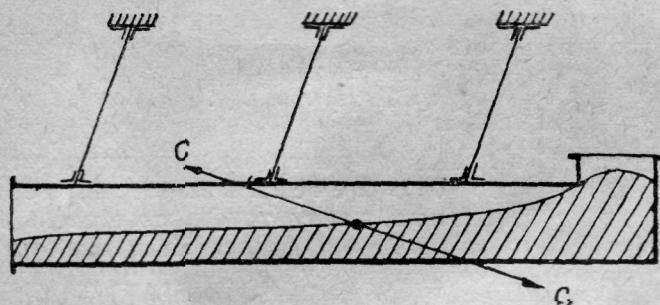
Частицы верхнего слоя надавливают на массу продукта и, действуя как клин, сдвигают продукт направо, т. е. к приему.



Фиг. 5

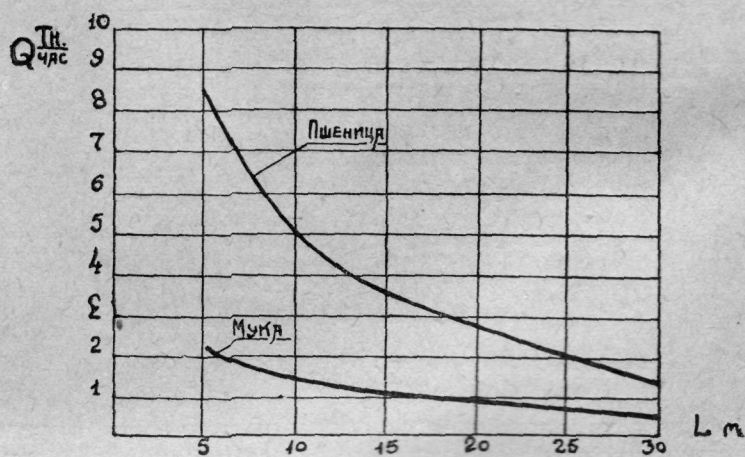
В наших опытах испытывалась наклонная труба, но явление неравномерного заполнения трубы наблюдается также и в горизонтальной трубе, укрепленной на наклонных подвесках (фиг. 6). На этой

фигуре траектория движения трубы перпендикулярна к подвескам. Силы инерции C направлены вдоль траектории и, следовательно, тоже перпендикулярны к подвескам.



Фиг. 6

Вывод из всего предыдущего таков: чем больше длина трубы, тем менее сечение струи продукта у выходного конца ее и тем меньше



Фиг. 7

ее производительность. Изменения толщины слоя непосредственно наблюдались нами во время опытов.

Фирма Бюлер тоже указывает на зависимость производительности от длины трубы (при постоянном диаметре). Эта зависимость представлена на фиг. 7.

4. Скорость движения и производительность трубы в зависимости от угла наклона, амплитуды и числа колебаний

Если известна производительность трубы Q , то скорость движения продукта в данном поперечном сечении определяется по формуле

$$v = \frac{Q}{3600 \cdot \frac{\pi D^2}{4} \cdot \psi \cdot \gamma} \text{ м/сек,}$$

где

Q —производительность т/час ,

ψ —коэффициент заполнения поперечного сечения трубы,

γ —насыпной вес материала.

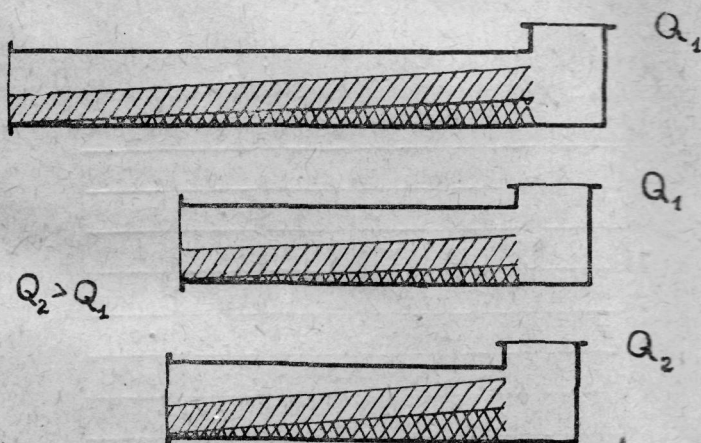
При размере трубы $D=0,2$ м получим частный вид формулы

$$v = \frac{Q}{113 \psi \gamma} \text{ м/сек,}$$

откуда производительность трубы

$$Q = 113 \gamma \psi v \text{ т/час.}$$

Произведение ψv для данной трубы и продукта есть величина постоянная для любого сечения. Но если, не изменяя режима работы, уменьшить длину трубы, то степень заполнения должна уменьшиться по всей длине. Если же увеличить нагрузку (сыпь) то одновременно увеличится и производительность и степень заполнения, как показано на фиг. 8.



Фиг. 8

Как следует из изложенного, производительность определяется сечением струи продукта и скоростью в выпускном отверстии.

В таблице 1 приведены максимальные значения производительности для различных условий по основным продуктам (полученные нами из опыта).

Таблица 1

№ опыта	Продукт	n об/мин	Угол наклона α°	Амплитуда r мм	Производительность Q т/час	
5	Зерно	380	6	6	3,0	$D=20$ см
2	"	530	6	6	5,7	
20	"	530	4	10	7,2	
21	"	530	6	10	10,8	
24	I дранье	530	4	10	4,5	
23	Кр. крупка	530	4	10	6,6	

Для мягких продуктов (мучка, мука) и для мелких отрубей производительность трубы резко падает. Результаты испытаний приводятся в таблице 2.

Таблица 2

№ опыта	Продукт	n об/мин	α°	r мм	Q т/час	
11	Мучка (прох. № 46)	380	4,5	6	0,36	$D=20$ см
17	Мучка	530	4,5	6	0,90	
18	Мука	530	4,5	6	0,90	
3	Мелкие отруби	530	6	6	0,875	

Незначительная производительность связана с весьма небольшими значениями скорости подачи, так, например, для мучки (опыт № 11) скорость подачи у выпускного отверстия $v=6,7$ см/сек при $\psi=0,1$; для муки имеем (опыт № 18) $v=8$ см/сек при $\psi=0,19$.

Для выяснения влияния диаметра трубы на производительность при мягких продуктах нами был проведен ряд опытов с трубой меньшего диаметра $D=100$ мм. Результаты приводятся в табл. 3, составленной для одного продукта (мучка) при различных углах наклона α и различных числах оборотов.

Таблица 3

№ опыта	n об/мин	α°	r мм	Q т/час	Диаметр трубы (в см)
12	380	4,5	6	0,036	$D=10$ см
13	380	7,5	6	0,053	
15	530	4,5	6	0,320	

Факт влияния диаметра трубы на производительность можно установить из рассмотрения как приводимых выше данных, так и из прочих опытов. Действительно, сравнивая результаты опытов, например, № 11 и № 12, производившихся при равных условиях, но при $D=20$ см в первом случае и $D=10$ см во втором, видим, что производительность уменьшилась не в $\frac{20^2}{10^2}=4$ раза (что, очевидно, означало бы, что изменение D не влияет на Q), а в $\frac{0,36}{0,036}=10$ раз. Если учесть, что коэффициент заполнения ψ был не ниже, чем при $D=20$ см (в опыте № 12 ψ был даже значительно выше), то остается признать, что уменьшение производительности с уменьшением D находится в связи с уменьшением скоростей. Это, однако, имеет место при низких n . При повышенных значениях n возможно даже обратное явление, как это видно из сопоставления опытов № 15 и № 17.

Полученные нами средние скорости подачи для различных продуктов приводятся в табл. 4.

Приведенные в таблице величины V_L для числа оборотов $n=530$ об/мин весьма любопытно сравнить с величинами V_L для $n=380$ об/мин.

Табл. 5 иллюстрирует увеличение средней скорости V_L в наиболее характерных случаях.

Таблица 4

№ опыта	Продукт	n об/мин	Угол наклона α°	Эксцентриситет r мм	Коэффициент наполнения в выпускном сечении ψ_L	Скорость подачи в выпускном сечении V_L см/сек	Средний коэффициент наполнения ψ_m	Средняя скорость подачи V_m см/сек
2	Зерно	530	6	6	0,24	27	0,35	18,5
21	Зерно на белые за- крома	530	4	10	0,23	52,5	0,39	31
22	Верхний сход 1-го дранья	530	6	10	0,20	24	0,25	19
23	Крупная крупка . .	530	4	10	0,34	38	0,43	30
3	Мелкие отруби . .	530	6	6	0,25	9,3	0,29	8
17	Мучка (прох. № 46)	530	4	6	0,17	10,0	0,25	6,8

Таблица 5

Продукт	V_L см/сек при		α°
	$n = 380$ об/мин	$n = 530$ об/мин	
Зерно	10,5	27	6
Дранье (2 и 3)	6,6	15	6
Мучка (прох. № 46)	4,9	10,3	4

Приведенные в таблице значения V_m получены при $r = 6$ мм.

Как для зерна, так и для мягкого продукта (мучки) заметно увеличение скорости более, чем в 3 раза при увеличении числа оборотов от 380 до 530. Число оборотов $n = 380$, меньшее n_{\max} (см. ниже), очевидно, является недостаточным.

В заключение остановимся на сличении полученных результатов с теми, которые можно получить по некоторым имеющимся в литературе формулам.

Проф. Козьмин¹ дает для случая наклонного жолоба следующее приближенное выражение средней скорости V_m .

$$V_m = 0,43 n r f_1 \operatorname{tg} \alpha,$$

где:

n об/мин—число оборотов;

r —эксцентриситет в мм;

f_1 —коэффициент трения;

α —угол наклона жолоба.

Результаты сличения величин V_m , вычисленных по этой формуле, с полученными из опытов приводятся в таблице.

Таблица 6

Продукт	α°	r мм	n об/мин	Коэффициент трения f_1	$V_m = 0,43 n r f_1 \operatorname{tg} \alpha$ в см/сек	V_m из опытов в см/сек
Зерно	6	0,006	380	0,45	4,4	8,2
Зерно	6	0,006	530	0,45	6,2	18,5
Зерно на белые за- крома	4	0,010	530	0,45	7,2	31,0
Крупная крупка . .	4	0,010	530	0,7	1,2	30,0
Мучка (прох. № 46) .	4	0,006	530	0,8	7,7	6,8

¹ „Машины непрерывного транспорта“, ч. III, изд. 1936 г.

Как видно из таблицы, значения скорости, вычисленные по приближенной формуле, являются настолько приуменьшенными, что пользоваться этой формулой не представляется, очевидно, возможным. Действительно, если подсчитать, например, для зерна производительность при коэффициенте наполнения $\psi_m = 0,35$, то при насыпном весе зерна $\gamma = 0,77 \frac{\text{м}}{\text{м}^3}$, $n = 530 \text{ об/мин}$ и $r = 6 \text{ мм}$ получаем для трубы диаметром 200 мм производительность

$$Q = 113 v_m \psi_m \gamma = 113 \cdot 0,062 \cdot 0,35 \cdot 0,77 = 1,9 \text{ т/час.}$$

Между тем из опыта нами при этих условиях получена производительность

$$Q = 5,7 \text{ т/час,}$$

т. е. превышающая в 3 раза расчетную.

Таким образом приведенная выше формула при соотношениях между n , r , f и α , получающихся в наших опытах, оказалась неприемнима.

При определении скоростей подачи мы исходили из непосредственно измеряемых величин: производительности Q и коэффициента наполнения ψ , вычисляя скорости по приводимой выше формуле

$$v = \frac{Q}{113 \psi \gamma}.$$

Непосредственное измерение скорости не гарантирует правильного определения последней по следующим соображениям:

1) скорость продукта при прохождении им трубы меняется в связи с изменением коэффициента наполнения, который в различных сечениях трубы неодинаков; наибольшую скорость продукт имеет в выпускном сечении, наименьшую — в приемном. Исследования показали, что при вытряхивании трубы, т. е. работе ее при прекращенной подаче продукта, конец струи последнего все более утончался, вытягиваясь в длинный хвост,

2) непосредственное определение скорости путем окрашивания части зерен в цвет, отличный от остальных, для столь мелкого продукта необычайно затруднительно вследствие непрерывных внутренних передвижек в продукте окрашенные зерна располагаются не по поперечному сечению, а вдоль всей прочей массы материала, в поперечных же сечениях их содержится небольшой процент к площади последнего; движение окрашенных зерен поэтому является совершенно нехарактерным и приводящим к противоречивым выводам относительно величины скорости.

Принятый же нами метод вычисления по вышеуказанной формуле в большей степени гарантирует практическую ценность полученных величин скорости.

5. Характеристические числа оборотов

Движение каждой частицы продукта относительно трубы, вообще, становится возможным только тогда, когда ускорение частицы, получаемое ею от трубы при посредстве силы трения, достигает „критической“ величины, определяемой из равенств:

$$\omega_{\text{крит}} = g \operatorname{tg} (\varphi - \alpha)$$

для случая движения частицы вниз по наклону и

$$\omega_{\text{крит}} = g \operatorname{tg} (\varphi + \alpha)$$

для движения частицы вверх по наклону. Так как ускорение трубы определяется, как

$$w = \omega^2 r,$$

то началу движения продукта вниз по наклону соответствует некоторое значение $\omega = \omega_{\min}$, началу же движения против наклона—значение $\omega = \omega_{\max}$.

В написанных выше формулах

ω — угловая скорость эксцент. валика;

r — эксцентриситет;

w — ускорение;

$g = 9,81$ м/сек² — ускорение силы тяжести;

φ — угол трения;

α — угол наклона трубы.

Таким образом движение продукта вниз по наклону становится возможным при

$$\frac{\pi^2 n_{\min}^2}{30^2} \cdot r = g \operatorname{tg}(\varphi - \alpha),$$

т. е. при числе оборотов, большем

$$n_{\min} = 30 \sqrt{\frac{\operatorname{tg}(\varphi - \alpha)}{r}}$$

Движение продукта вверх по наклону становится возможным при

$$\frac{\pi^2 \cdot n_{\max}^2}{30^2} \cdot r = g \operatorname{tg}(\varphi + \alpha),$$

т. е. при числе оборотов, большем

$$n_{\max} = 30 \sqrt{\frac{\operatorname{tg}(\varphi + \alpha)}{r}}$$

При числе оборотов валика

$$n < n_{\min}$$

продукт не может иметь относительного движения по трубе.

При $n_{\min} < n < n_{\max}$

продукт будет двигаться только вниз по наклону.

При $n > n_{\max}$

продукт будет двигаться вниз и вверх, но

при этом подвижность продукта в первом направлении будет большей, чем во втором.

Для испытанных нами продуктов при среднем значении $\varphi = 45^\circ$ получаем:

1) для $r = 6$ мм при $\alpha = 6^\circ$

$$n_{\max} = 30 \sqrt{\frac{1000 \cdot \operatorname{tg}(45^\circ + 6^\circ)}{6}} = 430 \text{ об/мин};$$

2) для $r = 10$ мм

$$n_{\max} = 30 \sqrt{\frac{100 \operatorname{tg}(45^\circ + 6^\circ)}{10}} = 335 \text{ об/мин.}$$

Величины n_{\min} :

1) для $r = 6$ мм

$$n_{\min} = 30 \sqrt{\frac{1000 \cdot \operatorname{tg}(45^\circ - 6^\circ)}{6}} = 350 \text{ об/мин};$$

2) для $r = 10$ мм

$$n_{\min} = 30 \sqrt{\frac{100 \operatorname{tg}(45^\circ - 6^\circ)}{10}} = 270 \text{ об/мин.}$$

Так как числа оборотов, при которых производились испытания, были

$$n_1 = 380 \text{ об/мин и } n_2 = 530 \text{ об/мин,}$$

то, следовательно, n_1 и n_2 были больше n_{\min} всегда. Далее, как видно из сличения величин n_1 , n_2 , n_{\max} , имели место неравенства:

$$(n_{\max})_{r=6 \text{ мм}} > n_1 > (n_{\max})_{r=10 \text{ мм}}$$

$$n_2 > n_{\max} \text{ при обоих значениях } r.$$

Определим теперь число оборотов, при котором начинается подбрасывание продукта (фиг. 9).

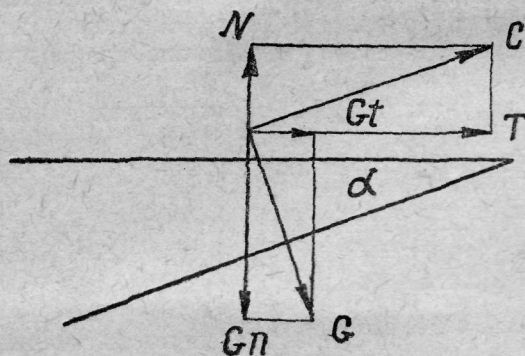
Пусть:

G —вес частицы;

C —сила инерции, развиваемая частицей;

G_n , G_t —нормальная и тангенциальная составляющие веса;

N , T —нормальная и тангенциальная составляющие силы инерции



Фиг. 9

Очевидно, при

$$N = G_n,$$

т. е. при равенстве нормальных составляющих силы инерции и веса, связь частицы с трубой исчезает, так как сила трения между частицей и трубой становится равной нулю.

$$\text{Так как } N = \frac{G}{g} \omega^2 r \sin \alpha$$

$$G_n = G \cdot \cos \alpha,$$

то

$$\frac{G}{g} \cdot \frac{\pi^2 \cdot n^2}{30^2} \cdot r \sin \alpha = G \cdot \cos \alpha;$$

Откуда, полагая $\pi^2 \cong g$

$$n_n = 30 \sqrt{\frac{1}{r \operatorname{tg} \alpha}} \text{ об/мин.}$$

Для проводившихся испытаний имеем:
при $r = 6$ мм

$$n_n = 30 \sqrt{\frac{1000}{6 \cdot \operatorname{tg} 6^\circ}} = 1200 \text{ об/мин.}$$

при $r = 10$ мм

$$n_n = 30 \sqrt{\frac{100}{\operatorname{tg} 6^\circ}} = 950 \text{ об/мин.}$$

Так как $n_1 < n_n$ для обоих значения r
и $n_2 < n_n$ для обоих значения r ,
то подбрасывания продукта при проводившихся испытаниях не было.

6. Выводы и заключения

С недавних пор началось применение качающихся труб на мельницах вместо шнеков. Наша работа имела целью определить производительность трубы при транспортировании различных мельничных продуктов. Опыты дали возможность прийти к следующим выводам.

При горизонтальных и малонаклонных трубах продукт вдоль трубы распределяется очень неравномерно (фиг. 2 и 7). Когда приемное отверстие уже совершенно заполнено продуктом, выходное отверстие почти свободно. Этот дефект быстро возрастает с длиной, так как толщина слоя круто падает. Таким образом объем длинных труб плохо используется. Качество трубы как транспортного механизма сильно зависит от длины.

В тексте приведена теория, объясняющая зависимость производительности трубы от длины (фиг. 8).

Наклон в $10-15^\circ$ должен значительно увеличить производительность длинных труб.

Достигнутая нами на зерне производительность в $10,8 \text{ т/час}$ для короткой трубы (при $n = 530$, $r = 10$ мм, $\alpha = 6^\circ$) значительно выше данных Бюлера и могла быть еще больше при более интенсивном питании.

При опытах с мукой производительность значительно уменьшилась (в опыте № 17 с мукой производительность была в 6 раз меньше, чем в опыте № 2 с зерном).

Диаметр трубы не следует выбирать менее 20 см. У приемного конца следовало бы значительно увеличить вертикальный размер отверстия трубы, превратив ее в эллиптическую или прямоугольную.

Увеличение числа оборотов, амплитуды колебаний и угла наклона значительно увеличивают подвижность продукта и производительность. Можно рекомендовать $n = 500 \text{ об/мин}$ и $r = 10$ мм. Наклон же трубы следует выбирать возможно больший, насколько позволяют местные условия.

Трубы имеют значительные преимущества перед иными видами горизонтального транспорта:

а) продукт находится в трубе в свободном состоянии, и следовательно, не перетирается;

б) смазка не может попасть в продукт;

в) пыль не проникает в помещение.

Если бы не катастрофическое падение производительности при увеличении длины, то труба свободно могла бы конкурировать с длинными лентами и шнеками, так как она гораздо проще их по устройству.

Элементарная теория бескривошипного рассева

Теория бескривошипного рассева разработана в общем виде проф. Рерихом с помощью дифференциальных уравнений колебательного движения.¹ Эта теория, давая решение вопроса динамики рассева, лишена, однако, той конкретности, которая необходима изучающему теорию мельничных механизмов, часто плохо разбирающемуся в дифференциальных уравнениях. Предлагаемая элементарная теория свободна от этих недочетов и дает как отчетливое представление о характере движения отдельных частей рассева, так и ясное понимание действующих в нём сил.

Прежде всего рассмотрим рассев, лежащий свободно на шаровых опорах. В этом случае рассев находится в устойчивом равно-

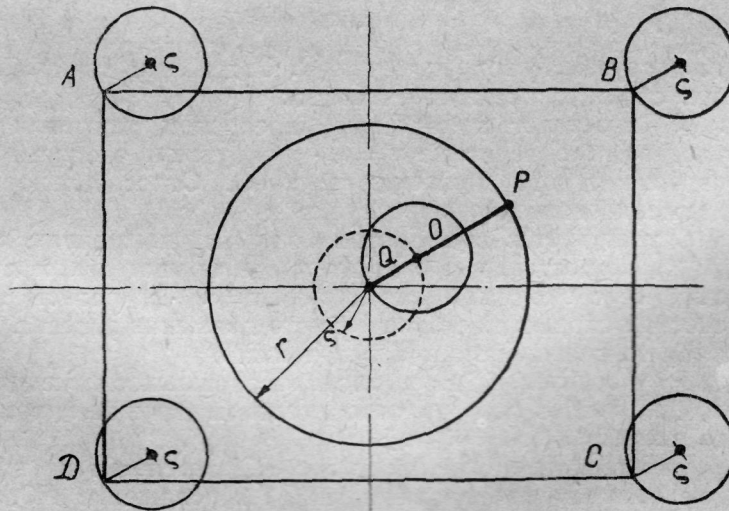


Рис. 1

весном положении и в предположении отсутствия трения в шаровых опорах будет колебаться в горизонтальной плоскости без сопротивлений.

Допустим, далее, что рассев имеет только поступательное движение и вес рассева во время движения не изменяется. Центр тяжести рассева совпадает с осью вертикального шарнирного вала, передаю-

¹ См. проф. В. Я. Гиршсон, Вступ до теорії основних млиарних механізмів, Одесса, 1931 г.

щего движение расसेву, который совершает в пространстве круговое поступательное движение под влиянием эксцентрично укрепленного на валу груза. На чертеже (рис. 1) схематично изображен рассев в плане, причем здесь точка Q изображает след оси вала, вокруг которой по кругу радиуса r вращается груз P . Во время движения получается система двух скрепленных между собой материальных точек, вращающихся вокруг некоторого неподвижного центра O , лежащего между точками P и Q .

Чтобы яснее представить себе абсолютное движение отдельных точек O , P и Q системы, следует рассмотреть их переносные и относительные движения. Переносным движением является круговое поступательное движение рассева, а относительным (рис. 2)—враще-

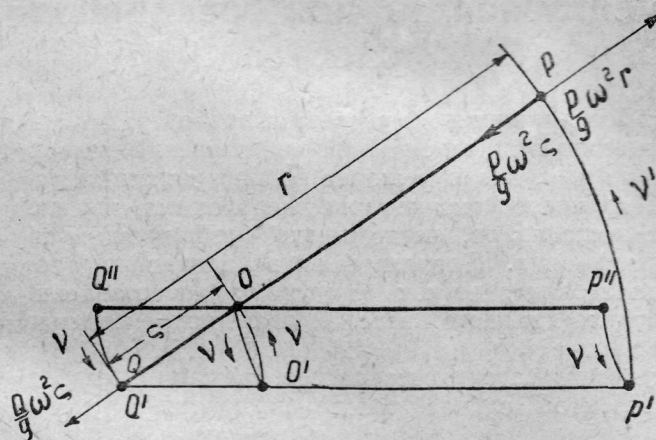


Рис. 2

ние рычага с грузом P вокруг точки Q . Отдельные точки Q , O и P участвуют в обоих движениях, а именно:

точка Q участвует в круговом переносном движении со скоростью v , равной по величине $v = \omega \cdot \rho$ окружной скорости относительного вращательного движения точки O . Относительное вращательное движение точки Q равно нулю;

точка O участвует в двух противоположных движениях: круговом переносном со скоростью v и относительном вращательном движении вокруг точки Q с окружной скоростью $v = \omega \cdot \rho$, равной по величине переносной скорости поступательного движения рассева. Точка O в абсолютном движении остается неподвижной;

точка P участвует в двух противоположных движениях: переносном со скоростью v и в относительном вращательном вокруг точки Q со скоростью $v' = \omega \cdot r$.

В результате этих движений рычаг PQ переходит на некоторый промежуток времени из положения $P''Q''$ в положение PQ , причем, как бы поступательно перемещаясь сначала в положение QP' и затем вращательно в PQ .

Во время этих движений отдельные точки P и Q рычага находятся под действием сил:

точка Q находится под действием центробежной силы $\frac{Q}{g} \omega^2 \rho$ кругового переносного движения;

точка P находится под действием центробежной силы $\frac{P}{g} \omega^2 \rho$ кругового переносного движения и центробежной силы $\frac{P}{g} \omega^2 r$ относительного вращательного движения.

Так как точки P и Q соединены жестко, то должно удовлетворяться равенство:

$$\frac{Q}{g} \omega^2 \rho = \frac{P}{g} \omega^2 r - \frac{P}{g} \omega^2 \rho,$$

откуда радиус

$$\rho = \frac{P}{P+Q} \cdot r.$$

Обозначая $\rho = r_1$, а $r - \rho = r_2$, получим

$$\frac{Q}{g} \omega^2 \times r_1 = \frac{P}{g} \omega^2 r_2.$$

Получаются такие центробежные силы, какие получились бы, если бы рычаг с грузами P и Q вращался вокруг неподвижного центра O , что на самом деле и происходит (рис. 3).

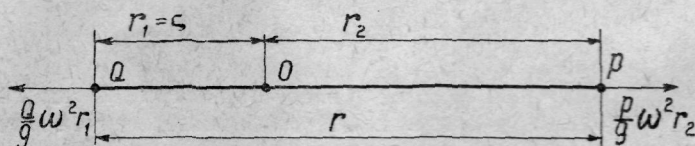


Рис. 3

Из указанного отношения находим:

$$\frac{Q}{P} = \frac{r_2}{r_1},$$

т. е. точка O делит рычаг обратно пропорционально грузам.

Переходя теперь к рассевам на подвесных струнах или упругих стойках, необходимо включить в число действующих сил сопротивле-

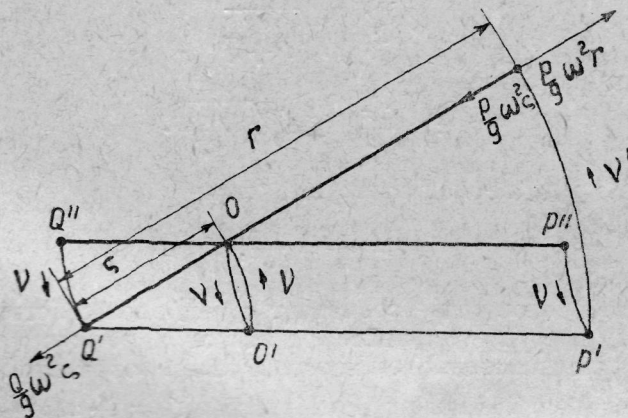


Рис. 4

ние струн или упругих стоек. Эта сила сопротивления прикладывается к валу в точке Q и стремится вернуть рассев в то положение, в каком он находится в состоянии покоя до пуска в ход. Следовательно, эта сила R , которую по величине можно считать пропорциональной отклонению от состояния покоя, стремится совместить точки Q и O .

Если обозначить коэффициент пропорциональности через a , то для малых отклонений сила $R = a \cdot \rho$, так как величина отклонения от состояния покоя есть радиус кругового переносного движения.

Действие сил в случае наличия струн или упругих стоек показано на чертеже (рис. 4).

Теперь можно написать уравнение равновесия рычага:

$$\frac{Q}{g} \omega^2 \rho - a \rho = \frac{P}{g} \omega^2 r - \frac{P}{g} \omega^2 \rho.$$

Отсюда радиус ρ равен:

$$\rho \left(\frac{Q+P}{g} \omega^2 - a \right) = \frac{P}{g} \omega^2 r$$

$$\rho = \frac{P \cdot r \cdot \omega^2}{(Q+P) \omega^2 - ag}$$

при $a = 0$, т. е., возвращаясь к уже рассмотренному случаю, находим:

$$\rho = \frac{P}{P+Q} r,$$

как это было раньше.

Зная восстанавливающую силу $R = a \rho$ нетрудно найти период собственных колебаний рассева. Дифференциальное уравнение движения напишется из условия, что произведение массы на ускорение равняется силе, в таком виде:

$$\frac{P+Q}{g} \cdot \frac{d^2 \rho}{dt^2} + a \rho = 0.$$

Приводя его к виду $x'' + k^2 x = 0$, находим

$$k^2 = \frac{ag}{P+Q}.$$

Отсюда частота свободных колебаний рассева как маятника

$$k = \sqrt{\frac{ag}{P+Q}}$$

и период этих колебаний

$$\tau = \frac{2\pi}{k} = 2\pi \sqrt{\frac{P+Q}{ag}}.$$

В том случае, когда период движущей силы

$$\tau = \frac{60}{n} = \frac{2\pi}{\omega},$$

где n —число оборотов вала—совпадает с периодом собственных колебаний рассева, наступает явление резонанса и радиус ρ при отсутствии сопротивлений стремится неограниченно возрастать.

Сила давления на цапфу вала рассева $S = \frac{Q}{g} \omega^2 \rho - a \rho$. Отсюда мощность, затрачиваемая на движение рассева,

$$N = \frac{F \cdot S \cdot n}{75 \cdot 60} \text{ л. с.}$$

Здесь F —коэффициент трения.

Исследование эффективности работы дискового деташера¹

Применение деташеров в схеме технологического процесса современной мельницы ставит своей целью главным образом вымалывание различных полуфабрикатов, а не растирание спрессованных частиц продукта („лепешек“). Из существующих типов конструкции деташеров этой задаче наиболее отвечают дисковые деташеры. Вопрос об эффективности работы деташера как самостоятельной размалывающей системы в настоящее время недостаточно еще полно изучен и освещен специальной литературой. Некоторые сведения по данному вопросу имеются в работе проф. В. Я. Гиршсона², в книге проф. П. А. Козьмина и проф. И. Н. Левинсона³, а также в книжке С. И. Вайнштейна⁴. Отсутствие этих данных препятствует правильному разрешению вопроса о рациональном использовании деташеров при проектировании схем технологического процесса.

Настоящая работа имеет целью ознакомить специалистов мукомольной промышленности с результатами, полученными нами при исследовании работы дискового деташера, изготовленного мастерскими Главмуки в Днепропетровске. Целевой задачей исследования являлось определение эффективности работы деташера при перемоле различных полуфабрикатов, получаемых при сортовом помоле пшеницы. Экспериментальные работы производились на учебной мельнице института на деташере № 4, имеющем следующие основные технические показатели: диаметр дисков—500 мм, число оборотов 270 в/мин.

Для размола были взяты следующие продукты:

- 1) тонкий высококачественный дунст;
- 2) низкокачественный дунст;
- 3) оболочечные продукты различной степени крупноты и качества.

Применительно к схеме технологического процесса учебной мельницы, оборудованной по схеме проф. В. Я. Гиршсона, указанные продукты были взяты со следующих систем:

- 1) высококачественный дунст 2-й размольной системы, проход сита VII зольностью—0,47%;
- 2) низкокачественный дунст 9-й размольной системы, проход сита V зольностью 2,30%;
- 3) верхний сход 6-й размольной системы (сходовой) № 42 зольностью—3,86%;

¹ В работе принимали участие следующие лица: аспирант инж. Л. И. Хабе, инж. Т. А. Боданюк, крупчатник учебной мельницы инж. С. И. Архангельский, инженер химик С. О. Делькова и лаборант М. И. Якубовский.

² „Советская схема помола“, Журнал „Советское мукомолье и хлеб“ 1933 г., № 4.

³ „Американские помолы“, изд. ВНИИЗ, 1932 г.

⁴ Машина для вымола отрубей и схемы вымола, изд. 1933 г.

4) нижний сход 9-й размольной системы (42/V) зольностью—3,40%. Размол продуктов производился при производительности деташера 400—500—600 кг/час.

При всех испытаниях деташера число оборотов, а также положение груза относительно рычага оставалось постоянным, при этом груз был установлен на максимальное давление. Продукты размла до и после деташера подвергались анализу на влажность, зольность и степень измельчения. Мука отсеивалась на шелковом сите № 11. В период производства испытания мельница перерабатывала полутвердое зерно пшеницы типа „Украинка“. Зерно поступало на 1-е дранье со следующими качественными показателями: влажность—15,50%, зольность—1,70%, стекловидных зерен—70%. С целью сравнения эффекта размла продуктов на деташере с размолем на вальцовом станке эти же продукты подвергались размолу и на вальцовом станке. Удельные нагрузки на сантиметр мелющей щели при размоле на станке были следующие:

- 1) при размоле добротного дунста 2-й размольной системы—5 кг/час;
- 2) низкокачественного дунста 9-й размольной системы—3 кг/час;
- 3) верхнего схода 6-й размольной системы—3,5 кг/час;
- 4) нижнего схода 9-й размольной системы—4 кг/час.

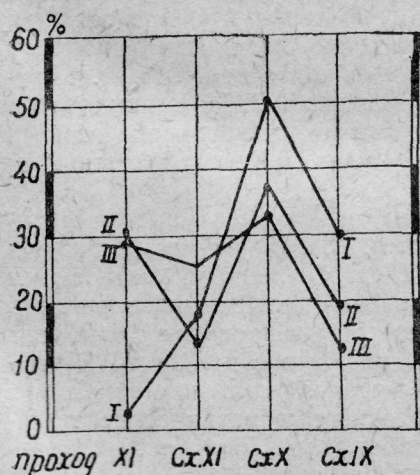


Рис. 1

Станок имел гладкие валки диаметром 250 мм, длиной 600 мм, дифференцию 1,5:1 и окружную скорость быстро вращающегося валка 6 м/сек.

Расстояние между валками (мелющая щель) при размоле дунстов колебалась от 0,15 до 0,17 мм, а при размоле оболочечных продуктов от 0,17 до 0,20 мм. Величина щели между дисками деташера при изменении производительности колебалась: при вымалывании дунстов от 0,5 до 0,7 мм, а оболочечных продуктов от 0,7 до 1,00 мм.

Табл. 1 и диаграмма (рис. 1) характеризуют результаты размла высококачественного дунста 2-й размольной системы. Как видно из диаграммы, вальцовый станок наиболее эффективно воздействует на размалывание

крупных фракций продукта, чем деташер. В продуктах размла после вальцового станка в сходе с сита № 9 содержится значительное количество спрессованных частиц (лепешек), чего не наблюдалось в продуктах размла после деташера. Максимальное извлечение муки прохода № XI, с учетом недосева муки в продукте, поступающем на размол, получилось на деташере при производительности 500 кг/час—28,70%, на вальцовом станке—27,10%, т. е. на 1,6% менее, чем на деташере. Извлечение муки на деташере происходит главным образом за счет растирания более тонких фракций продукта, а на вальцовом станке—более крупных. Следовательно, размалывание высококачественных дунстов происходит более эффективно на деташере, а не на вальцовом станке.

Это обстоятельство объясняется тем, что тонкие дунстовые частицы, находясь в смеси с более крупными, слабо подвергаются воздействию рабочих поверхностей вальцового станка. Вот почему в американских схемах сортового помола добротные дунста снимаются

Таблица 1

Дунст 2-й размольной системы

Проход сита № 7, зольность—0,47%

Характеристика крупноты	Качественно-количественная характеристика продуктов									
	До дещера и вальцового станка		После дещера							
			400 кг/час		500 кг/час		600 кг/час		5 кг/см/час	
			кол. (в %)	зола (в %)	кол. (в %)	зола (в %)	кол. (в %)	зола (в %)	кол. (в %)	зола (в %)
Сход № 9 . . .	29,50	0,50	17,80	0,48	18,50	0,48	22,50	0,49	12,50	0,55
„ № 10 . . .	50,40	0,46	37,70	0,45	37,70	0,43	41,50	0,46	33,10	0,50
„ № 11 . . .	18,00	0,47	16,00	0,50	13,00	0,51	17,70	0,50	25,20	0,48
Проход XI . . .	2,10	0,50	28,50	0,47	30,80	0,46	18,30	0,48	29,20	0,47
	100	0,47	100	—	100	—	100	—	100	—

Извлечение муки прохода XI с учетом неотсева в поступающем продукте

—	—	26,40	0,47	28,70	0,46	16,20	0,48	27,10	0,47
---	---	-------	------	-------	------	-------	------	-------	------

через густые сита (№ 8—9) и размалываются отдельно или на дещере или на самостоятельной отдельной размольной системе, а не смешиваются с крупными продуктами.

Такая разработка продуктов является наиболее эффективной, так как она, с одной стороны, способствует максимальному извлечению муки, а с другой—устраняет безрезультатное протаскивание тонких дунстов по крупочным размольным системам, вследствие чего увеличится и эффективность работы вальцового станка. Это обстоятельство имеет особенно важное значение при выработке тонких сортов муки.

Результаты размала низкокачественных дунстов 9-й размольной системы характеризуется табл. 2 и диаграммой (рис. 2). Как видно из диаграммы, вальцовый станок наиболее эффективно размалывает более крупные оболочечные частицы, чем дещер. Следовательно, дещер

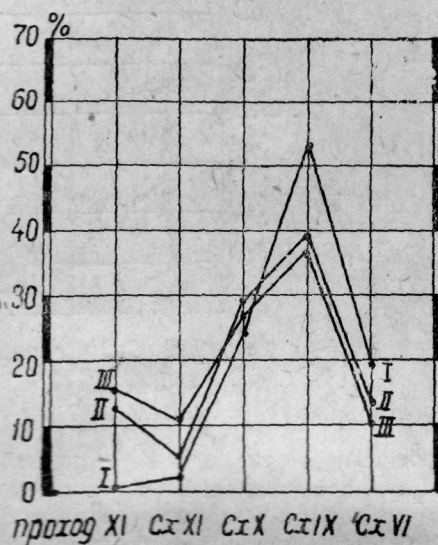


Рис. 2

Таблица 2

Дунст 9-й размольной системы
Проход сита № 5, зольность—2,30%

Характеристика крупноты	Качественно-количественная характеристика продуктов									
	До деташера и вальцового станка		После деташера						После вальцового станка	
			400 кг/час		500 кг/час		600 кг/час			
			кол. (в %)	зола (в %)	кол. (в %)	зола (в %)	кол. (в %)	зола (в %)	кол. (в %)	зола (в %)
Сход № 6 . . .	19,50	3,42	10,80	3,33	13,20	3,23	15,50	3,13	10,0	3,40
„ № 9 . . .	53,90	2,28	47,00	2,62	39,90	2,57	45,70	2,33	37,10	2,50
„ № 10 . . .	24,20	1,37	26,00	2,10	29,00	1,88	24,20	1,62	26,70	2,15
„ № 11 . . .	2,10	1,24	5,50	2,17	5,30	2,10	5,80	2,20	10,70	2,25
Проход XI . . .	0,30	1,21	10,70	1,60	12,60	1,55	8,80	1,61	15,50	1,75
	100	2,30	100	—	100	—	100	—	100	—

Извлечение муки прохода XI с учетом неотсева в поступающем продукте

—	—	10,40	1,60	12,30	1,55	8,50	1,61	15,20	1,75
---	---	-------	------	-------	------	------	------	-------	------

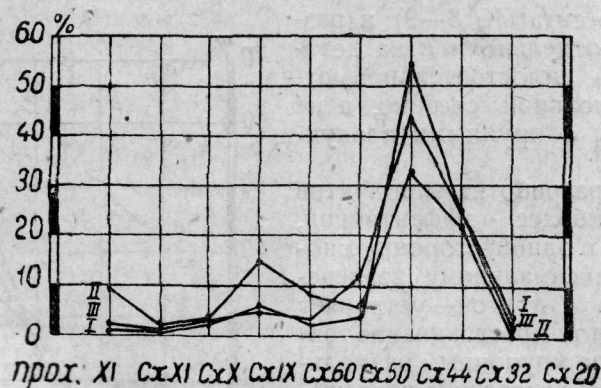


Рис. 3

в основном оттирает частицы эндосперма от оболочки, что и находит себе подтверждение в качественно-количественных показателях извлекаемой муки. В продуктах размола после вальцового станка (сход сита № 6) содержится значительное количество спрессованных частиц, чего не наблюдалось в продуктах размола после деташера. Максимальное извлечение муки прохода XI с учетом недосева в поступающем продукте получилось на вальцовом станке—15,20%, а на деташере при производительности 500 кг/час—12,30%, т. е. менее на 2,9%. Наличие в темных дунстах более крупных оболочечных частиц значительно

понижает эффективность работы как вальцового станка, так и деташера по соображениям, изложенным ранее.

Способ разработки темных тонких дунстов, принятый в американских схемах на так называемых низкосортных системах следует признать правильным. Табл. 3 и диаграмма рис. 3 характеризуют результаты вымалывания верхнего схода 6-й размольной системы (сходовой). Здесь так же, как и в предыдущем случае, наблюдается наиболее энергичное размалывание оболочечных частиц на вальцовом станке. Максимальное извлечение муки прохода XI с учетом недосева в поступающем продукте получилось на деташере при производительности 400 кг/час—8,30%, а на вальцовом станке—0,90%, т. е. менее на 7,40%. Такое значительное превышение извлечения муки на деташере может быть объяснено большей эффективностью оттирания мучнистых частиц на деташере, а также разрыхлением спрессованных лепешек, образующихся в продукте при помоле на сходовой системе.

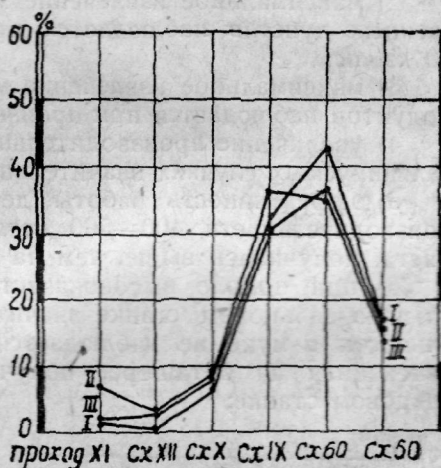


Рис. 4

Табл. 4 и диаграмма (рис. 4) характеризуют результаты, полученные при размоле нижнего схода 9-й размольной системы. Характер измельчения продукта аналогичен предыдущим случаям, т. е. вальцовый станок более энергично размалывает оболочечные частицы, чем деташер. Максимальное извлечение муки прохода XI получилось на деташере при производительности

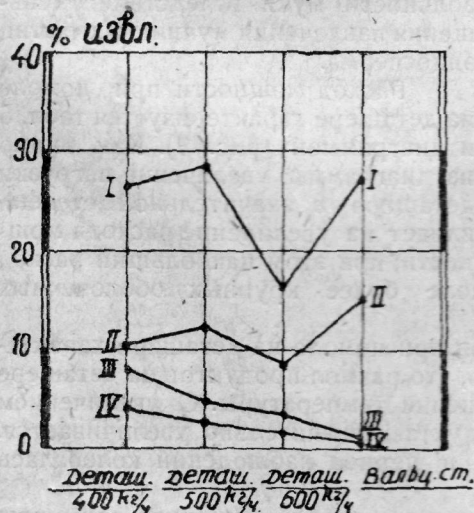


Рис. 5

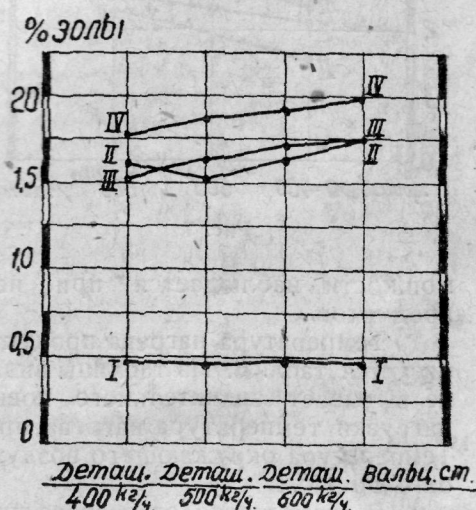


Рис. 6

400 кг/час—5,70%, а на вальцовом станке—0,80%, т. е. менее на 4,90%. Незначительное извлечение муки на вальцовом станке объясняется по причине, ранее указанной.

На рис. 5 и 6 представлены диаграммы, характеризующие качественно-количественные показатели муки, извлеченной на деташере и вальцовом станке из указанных ранее продуктов при различной производительности деташера.

На основании полученных результатов можно сделать следующие общие выводы о работе деташера:

1) степень крупноты и добротности перерабатываемого продукта является основным фактором, влияющим на качественно-количественные показатели извлекаемой муки как на деташере, так и на вальцовом станке;

2) максимальное извлечение муки при вымалывании высококачественных дунстов наблюдается при производительности деташера—500 кг/час;

3) максимальное извлечение муки при вымалывании оболочечных продуктов наблюдается при производительности деташера—400 кг/час;

4) увеличение производительности деташера до 600 кг/час во всех анализируемых случаях значительно понижает извлечение муки;

5) эффективность работы деташера по извлечению муки при производительности 400—500 кг/час, за исключением низкосортного дунста, получилась выше, чем на вальцовом станке;

6) при помоле высококачественных дунстов как на деташере, так и на вальцовом станке значительных отклонений по содержанию зольности в муке не наблюдается. По мокрой цветовой пробе мука, извлекаемая на деташере, получается несколько светлее, чем на вальцовом станке;

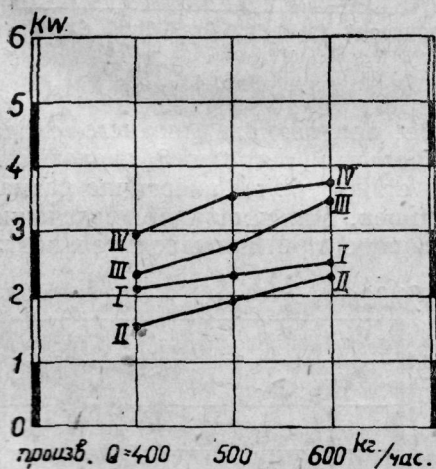


Рис. 7

7) при вымалывании оболочечных продуктов качество муки, извлекаемой на деташере, получается значительно выше, чем на вальцовом станке вследствие меньшего растирания оболочек;

8) увеличение производительности деташера на 600 кг/час почти во всех случаях дает повышение зольности муки вследствие уменьшения извлечения мучнистых частиц эндосперма.

Расход мощности при помоле на деташере характеризуется табл. 5 и диаграммой (рис. 7). Как видно из диаграммы, увеличение нагрузки деташера в значительной степени влияет на увеличение расхода мощности; при этом наибольший расход

мощности наблюдается при помоле более крупных оболочечных продуктов.

Температура нагрева продуктов при помоле на деташере характеризуется табл. 6. Из таблицы видно, что размол продуктов на деташере не вызывает значительного повышения температуры. С увеличением нагрузки температура нагрева продукта незначительно увеличивается. Температура окружающего воздуха в период наблюдений колебалась от 4 до 15°.

В схеме технологического процесса сортовой мельницы деташеры должны найти широкое применение на вымоле следующих продуктов:

а) тонких высококачественных дунстов с первых размольных систем;

б) низкокачественных дунстов и оболочечных продуктов с драных и размольных вымольных систем.

Широкое применение деташеров в схеме технологического процесса при рациональном использовании их в значительной степени повлияет на повышение техно-экономических показателей работы мельницы.

Таблица 3

Верхний сход 6-й размольной системы

Сход сита № 42, зольность—3,86%

Характеристика крупноты		Качественно-количественная характеристика продуктов											
		До деташера и вальцового станка		После деташера						После вальцового станка			
				400 кг/час		500 кг/час		600 кг/час				3,5 кг/см/час	
				кол. (в %)	зола (в %)	кол. (в %)	зола (в %)	кол. (в %)	зола (в %)			кол. (в %)	зола (в %)
Сход № 20	3,00	4,31	0,80	4,44	1,60	4,54	2,30	4,87	2,00	4,76			
„ № 32	25,20	4,40	22,40	4,30	25,60	4,44	20,90	4,60	25,20	4,55			
„ № 44	55,30	4,40	33,40	4,78	40,80	4,30	44,10	4,42	44,60	4,45			
„ № 50	4,00	3,76	5,40	4,00	4,80	4,00	7,00	3,63	12,50	3,65			
„ № 60	2,50	3,27	8,30	3,37	6,80	3,25	6,20	3,11	3,30	3,17			
„ № IX	6,00	1,64	15,00	1,88	9,80	2,33	10,90	2,41	5,60	2,50			
„ № X	2,20	0,96	3,60	1,90	3,10	1,66	2,70	1,51	3,50	1,80			
„ № XI	0,60	1,13	1,60	1,65	1,60	1,70	1,30	1,79	1,20	1,95			
Проход XI	1,20	1,48	9,50	1,55	5,90	1,66	4,60	1,69	2,10	1,75			
	100	3,86	100	—	100	—	100	—	100	—			

Извлечение муки прохода XI с учетом недосева в поступающем продукте

—	—	8,30	1,55	4,70	1,66	3,40	1,69	0,90	1,75
---	---	------	------	------	------	------	------	------	------

Таблица 4

Нижний сход 9-й размольной системы

Продукт 42/V, зольность—3,40%

Характеристика крупноты	Качественно-количественная характеристика продуктов									
	До деташера и вальцового станка		После деташера						После вальцового станка	
			400 кг/час		500 кг/час		600 кг/час			
	кол. (в %)	зола (в %)	кол. (в %)	зола (в %)	кол. (в %)	зола (в %)	кол. (в %)	зола (в %)	кол. (в %)	зола (в %)
Сход № 50	16,50	4,42	13,50	4,44	15,50	4,60	14,80	4,58	14,50	4,50
„ № 60	43,40	4,00	37,20	5,50	42,40	3,74	42,80	3,79	35,80	4,00
„ № 9	32,50	2,80	30,70	2,80	31,20	3,00	33,80	2,97	37,00	3,15
„ № 10	6,30	1,36	8,80	2,20	4,80	2,25	4,50	2,25	8,30	2,50
„ № 11	0,20	1,65	3,00	2,00	2,50	2,12	1,40	2,07	2,50	2,20
Проход XI	1,10	1,59	6,80	1,79	3,60	1,87	2,70	1,90	1,90	2,00
	100	3,40	100	—	100	—	100	—	100	—

Извлечение муки прохода XI с учетом неотсева муки в поступающем продукте

—	—	5,70	1,79	2,50	1,87	1,60	1,90	0,8	2,00
---	---	------	------	------	------	------	------	-----	------

Таблица 5

Расход мощности при помоле на деташере

Наименование продуктов	Производи- тельность деташера (кг/час)	Расход мощности	
		в kw	в л. с.
Дунст 2-й размольной системы	400	2,12	2,88
проход VII	{ 500	2,32	3,16
	600	2,50	3,40
Дунст 9-й размольной системы	400	1,56	2,12
проход V	{ 500	1,96	2,66
	600	2,30	3,13
Верхний сход 6-й размольной системы	400	2,35	3,16
сход 42	{ 500	2,80	3,81
	600	3,50	4,75
Нижний сход 9-й размольной системы	400	2,98	4,05
42/V	{ 500	3,56	4,84
	600	3,75	5,10

Таблица 6

Изменение температуры продукта

Наименование продукта	Производи- тельность деташера (кг/час)	Температура про- дукта		Разность темпера- туры (в °C)
		до дета- шера (в °C)	после деташера (в °C)	
Дунст 2-й размольной системы	400	19,00	29,50	10,50
проход VII	{ 500	19,00	31,00	12,00
	600	17,50	30,50	13,00
Дунст 9-й размольной системы	400	7,00	11,00	4,00
проход V	{ 500	7,00	11,50	4,50
	600	7,00	11,50	4,50
Верхний сход 6-й размольной системы	400	11,00	21,50	10,50
42	{ 500	10,00	22,00	12,00
	600	9,00	23,00	14,00
Нижний сход 9-й размольной системы	400	16,60	22,00	5,40
42/V	{ 500	14,00	19,50	5,50
	600	15,00	23,00	8,00

Проф. В. Я. Гиршсон

Очистка моечных мельничных сточных вод

В технологии зерна известны два способа очистки зерна от земли, грязи и зоны:

- 1) сухой способ;
- 2) мокрый способ.

Первый осуществляется в основном многократным пропуском через наждачные обойки, а второй—путем ополаскивания зерна водой

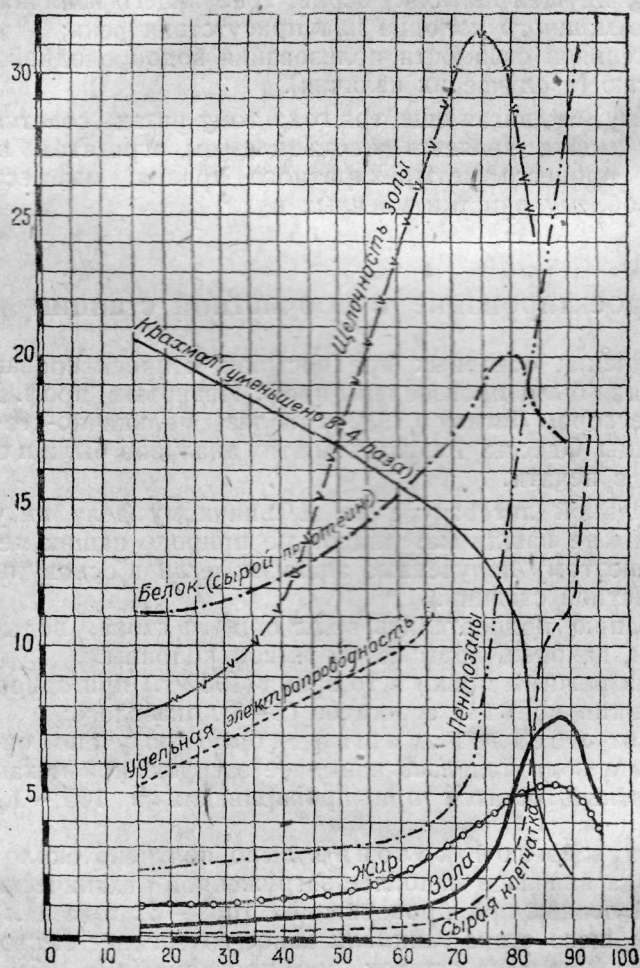


Рис. 1

¹ Химические анализы производились проф. Озолиным, а бактериологические доцентом Хаит.

с последующим отжимом капельной жидкости на центрофугальной колонне со следующей за ней сушильной установкой.

Во всех случаях практики второй случай является с технологической стороны более совершенным, а в некоторых случаях, например при зонистой пшенице, единственным, достигающим своего назначения.

Тем не менее мокрый способ очистки находил себе как в дореволюционное время, так и сейчас чрезвычайно редкое применение по следующим причинам:

1) загрязненности моечных сточных вод взвешенными примесями в большей или меньшей степени ими загруженных, не дававшей возможности спускать везде эти воды в водостоки (реки, пруды и прочее);

2) почти повсеместного отсутствия канализации, в которую можно было бы эти воды спускать, на громадном большинстве наших мельниц;

3) количественной значительности моечных сточных вод, не всегда дававшей возможности спускать эти воды в существующую канализационную сеть, если таковая даже имелась;

4) большого количества чистой воды (около 2 ведер на 1 пуд зерна в сутки), идущей на мойку зерна, требующего наличия водопровода, местного мощного колодца или присутствия реки;

5) значительной стоимости пользования водопроводной и канализационной сетью (в случае их наличия).

Вот почему, выдвигая еще три года тому назад „советскую схему помола“, где мойка является неотъемлемым агрегатом вследствие сокращенного процесса четырехкратного дранья, мы, естественно, выдвинули проблему очистки моечных вод.

Проектирование водоочистной станции

Для получения основных предпосылок к проектированию водоочистной станции были произведены проф. Ивановым, проф. Добросердовым и профессором Лигнау в 1932 г. анализы мельнично-сточной воды второй мельницы Одессы. Результаты этих анализов были в свое время опубликованы в печати.

В специальной литературе по мельничному делу ни у нас, ни за границей мы не нашли материалов по природе наших мельничных сточных вод, поэтому полученные анализы легли в основу проектирования водоочистной станции.

Исследованию подвергались воды общего стока, воды от моечной машины и, наконец, воды из отжимной колонны.

Исходя из режима мойки в то время (1932 г.) при одновременной работе нескольких моечных агрегатов (2—3), оказалось:

1) воды от моечной машины было получено около 85—89%, причем эта вода являлась наименее загруженной механическими осадками (плотный остаток при пропаривании в 105° —1,244 г на 1 л воды);

2) воды отжимной колонны было получено около 11—15%, причем эта вода являлась наиболее загруженной механическими осадками (плотный осадок при пропаривании 105° —52 г на 1 л воды);

3) воды общего стока занимали какое-то среднее место по количеству осадков (плотный остаток при пропаривании 105° —6,1 г на 1 л воды).

Моечные воды характеризовались следующими данными, сведенными в табл. 1.

Таблица 1

Характеристика моечных вод

Характеристика	Вода моечной машины	Вода отжимной колонны	Вода общего стока
Цвет	Бесцветная	Зелен.-желт.	Желтов.
Запах	Без запаха	Кислый	Без. запаха
Реакция	Нейтр.	Нейтр.	Нейтр.
Плотный остаток при нагревании 105°	1,247 г/л	52,37 г/л	6,156 г/л
Плотный остаток при прокаливании	0,508	4,48	1,11
Потеря (орг. вещ.)	0,736 г/л	47,39 г/л	5,046 г/л
Окисляемость	—	4784 мг на КМпО ₄	419,2 мг на КМпО ₄

Аммиака, азотистой и азотной кислоты нет.

С бактериологической стороны моечные воды характеризовались следующими данными:

количество бактерий в моечной воде в среднем равнялось около 300 в 1 см³;

количество бактерий в воде отжимной колонны в среднем 171 000 в 1 см³;

количество бактерий в воде общего стока в среднем 16 800 в 1 см³;

гнилостных бактерий не обнаружено, оценка с биологической стороны указывает на преобладающий состав осадков в виде соринok эпидермиса и волосков зерна; по своей природе они являются образованиями из клетчатки; эти элементы как органические вещества растительного происхождения подвергаются распаду в форме брожения, а не гниения.

На основании полученных предпосылок по нашему заданию специалистом по санитарной технике проф. Ивановым была спроектирована опытная водоочистная станция на 3000 ведер грязной воды в сутки, удовлетворяющая производительности в 1500—2000 пудов зерна в сутки малого моечного агрегата на 2-й мельнице Одессы.

Так как загрязненность вод и их бактериальность оказались различными для разных вод (моечной машины, отжимной колонны, общего стока), было решено отдельно очищать воды из моечной машины и отдельно из отжимной колонны на следующих устройствах:

1) грязные воды от моечной машины должны были очищаться последовательно по схеме: 2 отстойника (параллельно включаемые) → 1 фильтр → колодец для очищенной воды;

2) грязные воды от отжимной колонны должны были очищаться последовательно по такой схеме: 1 отстойник → 1 аэротенк → 1 отстойник → 1 фильтр, общий для вод от моечной машины.

Построенная водоочистная станция представляет собою здание длиной 12 м, шириной 3,5 м и высотой 3,5 м, в нем размещено 7 железобетонных емкостей и нижеследующее машинное оборудование: 1 насос для откачки воды, 1 эксгаустор № 5 для аэротенка и 2 электромотора к ним по 2½ квт каждый.

Испытания водоочистной станции

Испытания 1935 г. после окончания водоочистной станции проводились мною при участии аспиранта инж. Матиенко.

Очистке подвергались прежде всего воды общего стока по нижеследующим соображениям:

а) на мельнице № 2 в Одессе стоит европейский моечный агрегат с отдельной моечной машиной и отдельной отжимной колонной, поэтому возможно отделять воды от моечной машины и от отжимной колонны; мы же ставим в настоящее время мойки американского типа Грет-Вестерн, в которых отделение этих вод затруднительно;

б) практика первых же испытаний показала, что с изменением режима мойки и отжимной колонны резко меняются как количество, так и качество самих сточных вод; в последнее время главная масса воды получается не с моечной машины, а с отжимной колонны.

Воды общего стока очищались по схеме, нами выбранной, в отличие от проекта при запроектированной производительности водочисточной станции в 3000 ведер грязной воды в сутки: 2 отстойника параллельно включаемые → 1 фильтр → 1 колодец для очищенной воды → аэротенк → отстойник Клифорда. После этого подвергались очистке воды от моечной машины по той же вышеприведенной схеме. Наконец, очистке подвергались воды от отжимной колонны по той же схеме.

Оценка всех вод—начальных, промежуточных и конечных проводилась по:

- а) цветовому признаку;
- б) количеству механических осадков;
- в) химическому составу;
- г) микробиологической зараженности.

I. Сравнение вод общего стока по цветовому признаку показало, что даже при пшенице на 100%, маринованной зоной вода после пропуска через отстойники и фильтр достаточно осветлена как по сравнению с водопроводной водой, так и в особенности с речной или колодезной. Опыты показали, что первых отстойников достаточно для улавливания главных осадков; после следующего за ними песочного фильтра вода является достаточно осветленной. Пропуск через следующие устройства (аэротенк и отстойник за ним) с точки зрения цветовой ничего не дает.

II. По количеству механических осадков после высушивания при 110° мы получили нижеследующие результаты:

Воды общего стока	После мойки	3,54 г/л	13,11 г/л
	отстойников	2,06 "	2,47 "
	фильтра	1,98 "	2,87 "
	аэротенка	—	1,84 "
	отстойника	—	1,89 "
Воды моечных машин	После моечной машины	3,24 г/л	2,83 "
	отстойников	1,16 "	1,09 "
	фильтра	1,10 "	1,09 "
	аэротенка	—	0,98 "
Воды отжимной колонны	После отжимной колонны	14,46 г/л	
	отстойника	6,07 "	
	фильтра	4,75 "	
	аэротенка	3,17 "	
	отстойника	2,53 "	

Из рассмотренных этих результатов видно последовательное уменьшение остатка по мере прохождения грязной воды через соответствующие устройства. Однако главную роль играют опять-таки первые отстойники и фильтр. Вода после фильтра в достаточной мере освобождена от взвешенных примесей (около 2 г на 1 л).

По количеству осадков, общего стока из нефильтованной воды при высушивании при 110° можно получить количество уноса моечными водами взвешенных частиц (см табл. 2), а именно: в 1 л имеем 3,54 г высушенного вещества при 110°. В 10 л (1 ведро) — 35,4 г.

Таблица 2

Результаты анализов мочевых сточных вод

№ п/п	Наименование	Запах	Реакция на лакмус	Щелочн. Слаб. щелочн. "<
-------	--------------	-------	-------------------	---

Микробиологический анализ

Дата	Название воды	Запах	Общее количество микр. в 1 с. с.	Количество гнилостн. в 1 с. с.
1/XII 1935 г.	№ 0. Вода до мойки зерна	—	60	меньше 10
1/XII 1935 г.	№ 1. Общ. сток после мойки	—	290 000	10 000
1/XII 1935 г.	№ 2. " " " отстойника	+	500 000	10 000
1/XII 1935 г.	№ 3. " " " фильтра	+	550 000	1 000
1/XII 1935 г.	№ 4. " " " аэротенка	—	650 000	1 000
1/XII 1935 г.	№ 5. " " " отст. Клифорда	—	630 000	100
2/XII 1935 г.	№ 0. Вода до мойки зерна	—	2 300	10
2/XII 1935 г.	№ 1. Общ. сток после мойки	—	1 470 000	10 000
2/XII 1935 г.	№ 2. " " " отстойника	+	1 300 000	10 000
2/XII 1935 г.	№ 3. " " " фильтра	+	1 500 000	10 000
2/XII 1935 г.	№ 4. " " " аэротенка	—	1 400 000	1 000
2/XII 1935 г.	№ 5. " " " отст. Клифорда	—	730 000	1 000
5/XII 1935 г.	№ 0. Вода до мойки зерна	Сильный запах сероводор.	1 300	100
5/XII 1935 г.	№ 1. Общ. сток после мойки	—	3 200 000	100 000
5/XII 1935 г.	№ 2. " " " отстойника	+	8 000 000	100 000
5/XII 1935 г.	№ 3. " " " фильтра	+	300 000	100 000
5/XII 1935 г.	№ 4. " " " аэротенка	—	8 600 000	10 000
5/XII 1935 г.	№ 5. " " " отст. Клифорда	—	—	10 000
8/XII 1935 г.	№ 0. Вода до мойки зерна	—	16	1
8/XII 1935 г.	№ 1. Моечная вода после мойки	—	4 700 000	10 000
8/XII 1935 г.	№ 2. " " " отстойника	+	4 600 000	10 000
8/XII 1935 г.	№ 3. " " " фильтра	+	4 300 000	1 000
9/XII 1935 г.	№ 1. Моечн. вода после мойки	—	1 700 000	100 000
9/XII 1935 г.	№ 2. " " " отстойника	—	3 540 000	100 000
9/XII 1935 г.	№ 3. " " " фильтра	+	2 040 000	100 000
9/XII 1935 г.	№ 4. " " " аэротенка	—	—	1 000
9/XII 1935 г.	№ 5. " " " отст. Клифорда	—	2 000 000	1 000
14/XII 1935 г.	№ 0. Вода до мойки	Сероводор.	70	10
14/XII 1935 г.	№ 1. " отжим. после мойки	+	7 700 000	100 000
14/XII 1935 г.	№ 2. " " " отстойника	+	11 000 000	100 000
14/XII 1935 г.	№ 3. " " " фильтра	—	6 750 000	100 000
14/XII 1935 г.	№ 4. " " " аэротенка	—	6 000 000	10 000
14/XII 1935 г.	№ 5. " " " отст. Клифорда	—	6 000 000	10 000
1/XII 1935 г.	Моечная вода до хлорирования	Гнилостный	13 750 000	100 000
1/XII 1935 г.	" " хлорированн. 16 мг	—	650 000	меньше 100
4/XII 1935 г.	" " " 24 мг	Запах хлорной извести	55 000	100
20/XII 1935 г.	№ 1. Общ. сток после мойки	—	5 800 000	100 000
20/XII 1935 г.	№ 2. " " " фильтра	—	3 000 000	100 000
20/XII 1935 г.	№ 3. Прибавлено 6 мг хлора	—	—	100
20/XII 1935 г.	№ 3. " 10 "	—	500 000	100
20/XII 1935 г.	№ 3. " 15 "	—	250 000	меньше 100
23/XII 1935 г.	Общ. сток после фильтра	—	15 300 000	1 000 000
23/XII 1935 г.	Также вода + 24 мг хлора на 1 л.	—	50 000	от 10 до 100
			Снижение на 99,6%	Снижение на 99,9%

Количество плесеней в 1 с. с.	Колич. спор микр. в 1 с. с.	Титр-коли	Головня	Примечания
2	1	больше 300	—	При хранении не изменяется, через 1 сутки — гнилостный запах и пленка на поверхности
1 000	900	300	—	
500	900	300	—	
580	2 000	300	—	
700	1 170	300	—	
700	1 200	300	—	
60	50	300	—	
230	1 100	300	1—2 споры в препарате	Слаб. муть, усилив. при хранении через 1 сутки — гнилостный запах и пленка на поверхности
280	1 200	300	—	
135	1 085	300	—	
110	1 000	300	—	
50	1 000	300	—	
20	70	300	—	
500	2 500	300	1—2 споры в препарате	Запах исчезает при хранении 1 сутки, через 1 сутки вода загнивает, на поверхности появляется пленка
400	3 200	300	—	
200	2 700	300	—	
160	2 500	300	—	
160	2 250	300	—	
1	5	300	—	
900	2 600	300	—	
300	1 100	300	—	При хранении не изменяется, через 1 сутки гнилостный запах и пленка на поверхности
100	1 000	300	—	
700	700	300	—	
500	700	300	1—2 споры в препарате	Все воды загнивают, бактериальная пленка на поверхности
200	700	300	—	
100	500	300	—	
100	500	300	—	
10	16	300	—	
200	2 600	300	—	
200	2 300	300	—	Запах сероводорода, исчезает при хранении 1 сутки. Все воды очень мутны, загнивают при хранении
200	2 000	300	—	
150	2 000	300	—	
100	1 200	300	—	
100	500	300	—	
100	200	300	—	
—	200	300	—	Вода стояла закрыт. 5 суток. В течение 2 час. после хлорирования не обнаружен Cl ₂ ; через 2 час. после хлорирования Cl ₂ обнаружен
300	1 400	—	Не исследовано	
200	1 400	—	—	
160	1 100	—	—	
30	1 000	—	—	
не обнаруж.	—	—	—	
100	1 000	—	—	
не обнаруж.	350	—	—	
Снижение на 100%	—	—	—	

В 1,5 ведра—53 г, т. е. на 1 пуд пшеницы—53 г, или унос $= \frac{53 \times 100}{16000} = 0,33\%$, при расходе двух ведер на 1 пуд пшеницы в сутки унос будет равен $\frac{0,33 \times 2}{1,5} = 0,44\%$.

В 1 л 13,11 г высушенного вещества;

в 10 л (1 ведро)—131,1 г;

в 15 л (1,5 ведра)—196 г;

на один пуд пшеницы 196 г, т. е. унос равен $\frac{196 \times 100}{16000} = 1,2\%$.

При двух ведрах на 1 пуд пшеницы в сутки унос $= 1,2 \frac{2}{1,5} = 1,59\%$.

Таким образом на основании этих наблюдений унос колебался в этих двух опытах в пределах от 0,33% до 1,59%, а в среднем около 0,95%.

В количестве около 0,5% этот унос остается в первых отстойниках и по мере выгребания и сушки его можно утилизировать, если не для кормовых целей, то для топлива или химических целей. В последнем направлении нами ставятся еще соответствующие опыты.

III. По химическому составу (см. табл. 2) должно быть отмечено следующее:

- 1) преобладающий запах вод—бродильный;
- 2) реакция вод—слабощелочная;
- 3) окисляемость (говорит о наличии в воде органических белковых веществ);
- 4) наличие аммиака, правда, в незначительных количествах;
- 5) азотистой или азотной кислоты не найдено, что говорит о том, что глубокого распада органических веществ не наблюдается.

Оценивая химический состав как начальных, так и конечных вод, надо сказать, что они требуют применения стерилизующих средств прежде чем спускать их в водостоки или заворачивать на повторную мойку новой пшеницы.

Если сравнить начальные сточные воды 1935 г. с такими же водами 1932 г., то с точки зрения возможного их загнивания первые надо признать худшего качества по сравнению с последними.

Изменения состава вод могут быть, по нашему мнению, объяснены режимом отжимной колонны: при испытаниях 1932 г. отжимная колонна имела скорость 16 м в сек., а в настоящее время 24 м в сек. (по заявлению технического директора мельницы № 2 т. Шапиро).

При большей окружной скорости возможен известный бой пшеницы и попадание азотистых веществ в воду; таким образом может создаваться благоприятная среда для развития микроорганизмов.

IV. По микробиологической зараженности результаты сведены в табл. 3.

Из этих анализов усматривается, что все начальные воды как общего стока, так и моечной машины и отжимной колонны содержат миллионное количество микробов в 1 см³.

При хранении через одни сутки эти воды приобретают гнилостный запах. На поверхности появляется пленка, состоящая из микроорганизмов. Количество гнилостных микробов в 1 см³ воды достигает 10 000 и 100 000, но после механической очистки воды падает соответственно до 1000 и 10 000, т. е. уменьшается на 90%.

Количество плесеней в 1 см³ моечных вод достигает нескольких сотен, но падает после очистки до 100. Количество бактериальных спор после очистки вод слабо снижается. Содержание кишечных палочек (титр—коли) соответствует чистым водам (больше 300). При

последовательной очистке наблюдается некоторое улучшение воды при фильтрации и продувке в аэротенке.

Общее количество микробов в начальных водах вызывается благоприятной органической средой, в которой они прогрессивно развиваются, и является по существу только косвенным доказательством наличия органических веществ.

Эта среда должна быть обезврежена, прежде чем спускать чистую на вид воду в реки или оборачивать обратно в производство. Для указанной цели нами было применено хлорирование воды, получаемой после фильтра.

Для дезинфекции воды после фильтра были проведены исследования на хлорирование воды хлорной (белильной) известью. Вместо хлорной извести можно было бы обрабатывать воду также и хлором или другими соединениями хлора; однако эти способы являются более сложными.

Наши исследования были проведены на воде после фильтра. Применявшаяся для хлорирования хлорная известь содержала согласно произведенным анализам 35% активного хлора. Опыты проводились при дозировке от 6 до 20 мг хлора на 1 л воды. Окисляемость среды воды после фильтра в миллиграммах на KMnO_4 в 1 л уменьшилась с 1414 до 937 при 10 мг хлора на 1 л; при большей дозировке окисляемость падает еще больше.

Результаты хлорирования воды с микробиологической стороны получились следующие (при действии 24 мг активного хлора):

- 1) общее количество микробов снижается на 99,6%;
- 2) количество гнилостных микробов снижается на 99,9%;
- 3) количество плесеней снижается на 100%.

Таким образом при дальнейшем увеличении дозировки можно обезвредить даже более зараженную среду моечных вод, если бы таковая появилась.

Анализ осадка из отстойника. Удельный вес массы из отстойника— $d_1 = 1,0445$, удельный вес осадка высушенного при 105° — $d = 1,159$.

Данные анализа осадка из отстойника представляются в следующем виде:

Воды	87,03%
Сухого остатка при 105°	12,97%
Минеральных веществ	2,08%
Органических	10,89%

В том числе:

1) клетчатки	2,98%
2) крахмала	5,97%
3) азота	0,28%
что в пересчете на белок составляет	1,75%

Всего 10,70%

Примечание 1. а) сырой клетчатки осадок содержит 3,56%; б) собственно клетчатки—2,98%.

Клетчатка, входящая в состав осадка, содержит 16,12% минеральных веществ.

Примечание 2. Осадок из отстойника при отжатии на фильтровальной бумаге до тех пор, пока на бумаге перестает оставаться мокрое пятно, теряет 71,55% воды, остальные 15,48% воды удаляются из осадка в сушильном шкафу при $100-105^\circ$, для чего требуется около трех часов при навеске осадка в 50 г.

Анализ осадка при пересчете на высушенный осадок при температуре 100—105° представляется следующими данными:

Минеральных веществ 16,04%
Органических веществ 83,96%

В том числе:

1) клетчатки 23,05%
2) крахмала 46,03%
3) азота 2,16%
в пересчете на белковые
вещества 13,45%

Примечание. Сырой клетчатки—27,45%.

Данные анализы осадка, отжатого на фильтровальной бумаге:

Воды 62,12%
Сухого остатка 37,88%
Минеральных веществ 6,07%
Органических веществ 31,81%

В том числе:

1) клетчатки 8,73%
2) крахмала 17,44%
3) белковых веществ 5,11%

Теплотворная способность высушенного при 105° осадка—4172 cal.

Экономическая эффективность. Экономическая эффективность видна из следующих данных:

1) рабочий персонал, обслуживающий установку водоочистной станции

$$3 \text{ чел.} \times 200 \text{ руб} = 600 \text{ р./мес.}$$

2) энергия на перекачку очищенной воды при моторе в 8 квт. и работе 4 часа в сутки = 66 р./мес.;

3) хлорирование воды (если требуется)

$$18 \text{ руб.} \times 26 \text{ дней} = 468 \text{ р./мес.}$$

Итого 1074 руб.

При суточной переработке 200 т, или 12 000 пуд., получаем

$$\frac{107400 \text{ к.}}{26 \text{ сут.} \times 12000 \text{ пуд.}} = 0,34 \text{ к./пуд. пшен.}$$

Стоимость водопровода + канализации

$$\frac{41,7 (\text{к.}) \times 18000 (\text{вед.})}{12000 \times 100} = 0,62 \text{ к. пуд.}$$

Таким образом эффект даже при хлорировании выразится 0,62 — 0,34 = 0,28 коп! на пуд пшеницы, или в год

$$12000 \times 330 \times 0,28 = 11088 \text{ руб.}$$

Выводы

1. Главная масса взвешенных примесей осаждается в первом отстойнике и остается на фильтре.

2. Очищенная вода после отстойника и фильтра достаточно обесцвечена для целей спуска ее в водостоки и для повторной мойки ею грязной пшеницы.

3. С точки зрения осветляемости последующие за отстойником и фильтром устройства (азротенк и вторые отстойники) ничего не дают, почему без них можно обойтись.

4. При полной уверенности в таком режиме отжимной колонны, что не обнажается эндосперм пшеницы, вода после фильтра не потребовала бы последующей стерилизации.

5. Моечные воды после прохождения через водоочистительную станцию при возможности такого режима отжимной колонны, когда эндосперм может обнажаться, настоятельно требуют для осветленной воды (после отстойника и фильтра) дезинфекции как с химической, так и бактериологической стороны.

6. Простейшим способом воздействия на очищенную воду является хлорирование этой воды. Было бы ошибочно думать, что хлорирование может дать полученный эффект без предварительного осаждения осадков и фильтрации воды.

7. Хлорирование осветленной воды предлагается не помощью газообразного хлора, требующего соответствующих устройств с добавлением к очищенной фильтрованной воде ничтожного количества хлорной извести CaCl_2O , которая в щелочной воде дает свободный кислород или хлор. На это воздействие требуется не менее получаса времени. Так как режим накопления очищенной воды после фильтра в чистом колодце устанавливается в зависимости от его кубатуры и мощности насоса, перекачивающего чистую воду обратно в производство, то время воздействия хлора на воду для ее дезинфекции может быть регулируемо, что следует учитывать при проектировании станции.

В частности для нашей установки насос качает очищенную воду из чистого колодца два раза в час по 5 мин. каждый раз; остальное время насос не работает, а вода в это время может хлорироваться.

Сама операция хлорирования чрезвычайно проста. Дозировка хлорной извести может быть устанавливается в зависимости от степени зараженности и определяться мельничной лабораторией.

8. Хлорная известь имеется в значительных количествах. Стоимость ее, в особенности при требуемых ничтожных дозировках, очень мала.

9. Стоимость водоочистой станции обошлась в 38 000 руб. Так как одна треть всех устройств на основании опытов отпадает (азротенк и 2 отстойника), то стоимость станции при этом выразится в 26 000 руб. при производительности 3000 ведер в сутки. Для мельницы производительностью в 200 т в сутки понадобится производительность станции 18 000 ведер воды в сутки, т. е. стоимость водоочистой станции обойдется в $26 \times (18\,000 : 3000) = 156\,000$. Для обслуживания водоочистой станции на такую производительность потребуется 1 чел. в смену, а для приведения в движение насоса, перекачивающего очищенную хлорированную воду из станции в бак шеретовочного отделения для мойки пшеницы, потребуется мотор около 10 л. с., который будет работать около 4 час. в сутки.

10. Определить количество оборотов очищенной и дезинфицированной воды для повторной мойки ею пшеницы возможно непосредственно в производстве, для чего необходимо на данном предприя-

тии отремонтировать имеющуюся маленькую мойку с отжимной колонной, поставить соответствующей мощности насос в бак шеретовки, поставить соответствующий трубопровод для воды.

11. На основании полученных результатов надо прийти к выводу, что моечная вода достаточно осаждается и осветляется на отстойнике и фильтре и дезинфицируется хлорированием, а потому может быть опущена в реки или возвращена в производство. По данным Дунбера достаточно довести уменьшение общего количества бактерий до 95—96% для того, чтобы практически достигнуть уничтожения возбудителей тифа, дизентерии, холеры и пр. По нашим исследованиям при 24 мгр хлора снижение общего количества микробов достигает 99,6%.

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
Н. И. Озолин, Тепловая обработка и сушка муки	3
П. Г. Демидов, Кондиционирование твердой пшеницы	21
Н. М. Ицкович и П. Г. Демидов, Тепловое исследование кондиционера Бюлера	39
Н. И. Озолин, Пигменты зерна и метод определения качества муки по окраске щелочных вытяжек	56
Б. С. Дмитриев и П. И. Демковский, Об определении выходов муки по крахмалу	69
Н. И. Озолин, Колориметрический метод количественного определения кукуруз- ной муки в смеси ее с пшеничной	81
Б. С. Дмитриев, К вопросу о зольном азоте в связи с применением азотной кислоты в качестве ускорителя	89
В. И. Ильченко, Н. Ф. Уголик, З. М. Ярошевский, Качающийся тран- спортер	94
А. Попов, Элементарная теория бескривошипного рассева	107
П. Г. Демидов, Исследование эффективности работы дискового доташера . . .	111
В. Я. Гиршзон, Очистка моечных мельничных сточных вод	119