

СПЕЦИФИКА АКТИВНОГО ВЕНТИЛИРОВАНИЯ СОЧНОГО РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ.

Банадысев С.А., доктор сельскохозяйственных наук

Оснащение хранилищ картофеля, капусты, корнеплодов и лука системами активной вентиляции (СAB) призвано решать следующие основные задачи: поддержание оптимальных режимов температуры и влажности в процессе сушки, лечения, охлаждения, основного хранения продукции, удаление избытка углекислого газа, предотвращение образования конденсата на теплоизолирующих ограждениях и поверхности продукции. Квалифицированная эксплуатация систем активной вентиляции позволяет уменьшить потери урожая с октября по апрель до 4 - 5% (при том, что согласно нормативных документов естественная убыль за этот период составляет 7 - 8%) и максимально сохранить потребительские и товарные свойства продукции. Однако такой великолепный эффект хранения овощей достигается только при соблюдении всех законов и правил вентилирования в процессе строительства, оснащения и эксплуатации хранилищ. Часто допускаются грубейшие просчеты в проектировании и отклонения от проектов, низкое качество строительно-монтажных работ, неполная комплектация технологического и инженерного оборудования, автоматики. Все это приводит к тому, что реальный эффект, полученный от этого прогрессивного метода хранения в целом пока гораздо ниже его возможностей.

Самой типичной причиной увеличения потерь овощей в хранилищах с активным вентилированием является неспособность установленного оборудования обеспечивать оптимальные температурно-влажностные режимы в неоднородной насыпи и партиях с наличием значительного количества больных или подмороженных клубней и корнеплодов. Широко распространенной проблемой стало образование конденсата на ограждающих конструкциях и в верхнем слое насыпи и вызываемое этим переувлажнение продукции с последующим развитием болезней. Часто наблюдаются в одном и том же хранилище зоны пересушивания и полного отсутствия вентилирования продукции. Чтобы не допускать подобных явлений, необходимо глубоко понимать специфику овощей как объекта хранения и вентилирования на этапе проектирования и корректировать параметры эксплуатации САВ с учетом особенностей конкретных партий продукции в процессе их длительного хранения.

Картофель и овощи часто объединяют в категорию сочного растительного сырья (СРС) или биологически активной продукции (БАП).

Главная их особенность на этапе хранения состоит в продолжении процессов жизнедеятельности, таких как дыхание и испарение и вызванном этим постоянном выделении тепла, воды, углекислого газа. С учетом этого в процессе хранения необходимо сохранить в максимальной степени массу, качество продукции за счет минимализации дыхания и испарения.

Дыхание БАП сопровождается образованием энергии, часть которой расходуется на процессы жизнедеятельности, а оставшаяся приводит к самосогреванию продукции и повышению температуры в хранилище. Выделяемое при интенсивном дыхании тепло является одним из существенных факторов, влияющих на эффективность хранения. Интенсивность дыхания определяется, прежде всего, температурой, но на активность дыхательных процессов оказывают влияние самые различные факторы: вид овощей, степень их зрелости, наличие повреждений или очагов подмораживания и т.д. Нормативное выделение тепла рассчитано для стандартной продукции (табл. 1) и используется для расчета мощности САВ. Нужно учитывать, что травмированные клубни картофеля выделяют тепла в четыре раза больше.

Таблица 1. Расчетные значения тепловлаговывделений и насыпной массы продукции (1).

Продукция	Насыпная плотность продукции $\gamma_m, \text{т/м}^3$	Период хранения					
		лечебный		охлаждение		хранение	
		явные тепловыделения $q_m, \text{Вт/т}$	влажновыделения $w \cdot 10^3, \text{кг/(т}\cdot\text{ч)}$	явные тепловыделения $q_m, \text{Вт/т}$	влажновыделения $w \cdot 10^3, \text{кг/(т}\cdot\text{ч)}$	явные тепловыделения $q_m, \text{Вт/т}$	влажновыделения $w \cdot 10^3, \text{кг/(т}\cdot\text{ч)}$
Картофель	0,65	18,61	16,8	13,96	12	6,63	4,9
Капуста	0,40	-	-	17,21	33,4	6,98	13,3
Морковь	0,55	-	-	21,51	23,9	6,51	7,2
Лук	0,60	18,72	20,8	20,10	13,5	5,58	6,2
Свекла, редька, брюква	0,60	-	-	11,16	12,50	5,58	6,2
Бахчевые	0,55	-	-	20,35	-	9,07	

В процессе дыхания при распаде каждой молекулы полисахаридов выделяется шесть молекул воды в жидкой фазе, но эти потери влаги значительно меньше потерь от испарения. Испарение происходит не со всей поверхности объектов хранения, а в основном через естественные каналы в покровных тканях (устьица; чечевички). Значения коэффициентов влагоотдачи для картофеля и овощей приведены в таблице 1. Весной величина коэффициентов влагоотдачи возрастает на 10 - 15%, а при прорастании продукции — на 80 - 120% по сравнению с зимним периодом хранения. Осенью, непосредственно после уборки продукции, величина влаговыделений в 2 - 3 раза превышает значения, приведенные в таблице 1, а затем постепенно уменьшается до нормы. Впечатляет выявленная закономерность потерь воды через кожуру, ранки и ростки: на единицу площади пропорция составляет 1: 300: 100 (2). Это означает, что если клубни поступают в хранилище с ободранной на 10% поверхности кожурой, то до момента ее восстановления испарение воды будет в 30 раз! превышать обычные параметры.

Излишняя потеря влаги СРС приводит к уменьшению тургора клеток, который обратно не восстанавливается. Сохранение тургора — одна из важнейших задач хранения, так как увядшая продукция теряет как массу, так и потребительскую ценность. Степень увядания зависит от состояния и вида закладываемой на хранение продукции, температуры хранения, интенсивности и скорости циркуляции воздуха в овощехранилище. Максимально допустимая потеря воды, после которой продукт становится непригодным для продажи, составляет 7 - 8% - у моркови, свеклы, капусты белокочанной, картофеля, 10% - у лука репчатого.

Успех хранения БАП определяется, прежде всего, правильной и своевременной подготовкой продукции к основному хранению. Цель технологии возделывания картофеля и овощей в этом контексте состоит в получении хорошо вызревшей, с плотной кожурой, без признаков заболеваний продукции и недопущении ее травмирования, засорения, подмораживания, увлажнения в процессе уборки. Подготовка БАП к основному хранению после поступления в хранилище включает этапы сушки, лечебный и охлаждения.

Интенсивное обсушивание СРС требуется всегда, но особенно важно при закладке увлажненной, загрязненной и недостаточно качественной продукции. Содержание влаги на поверхности поступающих с поля овощей обычно составляет около 1% от их массы. Но не нужно забывать про влагу в примеси почвы, от осадков во время уборки и транспортировки, необходимость отвода испаряющейся влаги и высушивания больных

(гнилых) экземпляров. С учетом всех составляющих, количество влаги, подлежащей удалению, может увеличиться с 6,0 до 50,0 кг на тонну продукции.

Расчет продолжительности вентиляции для удаления из хранилища внешней влаги производится сопоставлением влагосодержания и влаговыделения продукции со способностью воздуха отводить влагу при фактической температуре. Влагоудерживающая способность воздуха определяется по диаграмме или специальным таблицам. Если в насыпь подается воздух с температурой 10°C и влажностью 90%, а выходит из нее с температурой 13°C и влажностью 100%, то каждый кубометр воздуха будет выносить 5 грамм воды, а весь объем продуваемого воздуха при норме вентиляции 100 куб.м на тонну в час – 500 грамм воды в час. Следует подчеркнуть, что обсушивание в сентябре, как правило, не требует подачи подогретого воздуха. Обдувание овощей воздушными потоками более низкой температуры по сравнению с температурой продукта приводит к его нагреванию и увеличению влагоемкости.

Всего на просушку картофеля с плотной кожурой, без примесей и гнили при использовании сухого теплого воздуха требуется 2 – 3 суток. Если же продукция поступила мокрая, травмированная, с гнилью, а воздух холодный, сырой и предварительно не подогревается, то процесс сушки занимает до 10 суток.

Самое главное правило при сушке СРС – незамедлительное ее проведение. Нахождение клубней в водяной рубашке препятствует проникновению кислорода. Это приводит к удушью клубней, а дыхание начинает идти по принципу спиртового брожения с быстрым разложением мякоти. С такой ситуацией неизбежно сталкиваются производственники при уборке в дождливую погоду и длительных перерывах при загрузке боксов. Зачастую в хранилище поступает очень влажная партия продукции, а бокс не заполнен полностью, имеется откос и, соответственно, вентиляционный воздух выходит через участки с наименьшей высотой насыпи. В этом случае начинается очаговое развитие удушья клубней в зоне недостаточной вентиляции. Предотвратить этот процесс достаточно сложно, если очаг находится в середине насыпи. Можно применить переносные высоконапорные вентиляторы и продувать очаг сверху вниз. Но лучше этого не допускать и при высокой вероятности задержки с уборкой и загрузкой хранилища закладывать переувлажненные партии небольшим слоем в места временного хранения.

Второй этап хранения картофеля и овощей называется лечебным и занимает от 7 до 30 суток. Главная его задача – обеспечить оптимальные

условия для восстановления покровных тканей в местах повреждений клубней и корнеплодов. При большой высоте загрузки овощей в закрома (боксы, секции) хранилищ процессы заживления клубней идут очень медленно. В условиях естественной конвекции воздуха на поврежденной поверхности клубней образуется пленка из продуктов обмена (воды, углекислого газа), которая препятствует свободному доступу кислорода к клеткам механически поврежденных тканей. В условиях активного вентилирования воздушный поток, омывая клубни, снимает эту пленку с их поверхности, в результате чего кислород свободно поступает к клеткам поврежденных тканей. Это способствует образованию раневой перидермы и отложению суберина, защищающего клубни от поражения микроорганизмами. Ускорению процессов заживления способствует высокая влажность потока подаваемого в насыпь воздуха при скорости потока в диапазоне 0,12 - 0,5 м/с. При меньшей скорости раневая перидерма практически не образуется, а при более высокой — воздушный поток вырывает молекулы воды из микрокапилляров клубней, клетки теряют тургор, механически поврежденные участки пересыхают, растрескиваются и протекание раневых реакций становится невозможным. Ряд авторов утверждает, что более надежно многослойная раневая перидерма образуется при совсем низкой скорости воздушного омывания межклубневых пространств $v = 0,053$ м/с (3).

Оптимальной температурой хранения на этом этапе считается: для картофеля — 12-18°C, для корнеплодов — 7-13°C. Если в насыпь попали клубни, пораженные бактериальными болезнями и фитофторой, такая температура способствует развитию болезней и приводит к увеличению потерь и гибели картофеля. В этих условиях целесообразно снизить температуру в насыпи до 11-13°C. Это уменьшит интенсивность раневых реакций, поэтому продолжительность лечебного периода увеличивается до 20 суток, но развитие болезней задержится. В случае поступления на хранения корнеплодов с температурой ниже 7°C, их не выдерживают столь длительный срок, а сразу охлаждают до оптимальной температуры.

Лечебный этап характеризуется изменением режима подачи воздушных потоков в насыпь продукции: воздух в массу картофеля или корнеплодов подается периодически 4 – 6 раз в сутки по 20-30 минут через одинаковые промежутки времени. Скорость подачи — 0,12 – 0,5 м/с. Режимы вентиляции постоянно корректируются системой автоматики или вручную с учетом состояния закладываемых на хранение овощей, в частности, изменяются в зависимости от интенсивности тепловыделения овощной продукции.

Третья стадия подготовки к длительному хранению – охлаждение до оптимальной температуры, при которой процессы жизнедеятельности БАП поддерживаются на минимальном уровне, но не происходит ухудшения качества от переохлаждения. Сохранение потребительских свойств овощной продукции зависит от скорости охлаждения. Особенно велико значение данного фактора для картофеля, характеризующегося длительной стадией глубокого покоя.. Оптимальный для картофеля темп охлаждения составляет 0,25 -0,5°С в сутки. При более быстром охлаждении в клубнях развиваются функциональные нарушения, приводящие к потемнению мякоти при варке. Что касается корнеплодов, то темп их охлаждения должен быть намного выше, поскольку длительное их пребывание при температурах выше 3°С может привести к развитию инфекционных заболеваний и повышению потерь при хранении. Для лука репчатого период охлаждения также не должен быть слишком растянутым, чтобы снизить возможные потери сухого вещества на дыхание. На этом этапе применяется вентилирование в ночное время. Охлаждение до температуры + 8–10°С проблем не вызывает, а дальнейшее охлаждение часто замедляется из – за высокого фона температур воздуха осенью. Оптимальная скорость движения воздуха в период охлаждения не имеет принципиального значения и может достигать 2,5-3,0 м/с.

В течение наиболее длительного периода основного хранения активным вентилированием из массы овощей удаляются выделяемые в процессе их жизнедеятельности продукты обмена и тепло. Так же, как и в предшествующие периоды хранения, основополагающим фактором для сохранности продукции в этот период является температура хранения. Интенсивность тепловыделения в период основного хранения снижается. Поэтому интенсивность вентилирования, как правило, снижается не менее чем в два раза. Важное значение имеет соблюдение оптимальной скорости движения воздуха, которую регулируют сечением магистрального и распределительных клапанов. Считается, что начальная скорость перед вхождением воздуха в продукт должна быть 5-6 м/сек, на выходе из продукта -0,2 м/сек.

Для наилучшей сохранности продукции целесообразно поддерживать влажность воздуха на уровне, обеспечивающем минимальную усушку, но не вызывающем выпадения конденсата на поверхности объектов хранения и поверхностях ограждений помещений хранения. Оптимальная относительная влажность воздуха в толще массы продукции, по данным В.З.Жадана (4), составляет для картофеля 95,2 %, капусты — 99,6, лука — 77,4 и моркови — 99,8 %. Живая ткань, выделяя теплоту при дыхании, имеет температуру

выше, чем окружающая среда, что вызывает испарение влаги с ее поверхности даже при 100% относительной влажности прилегающего воздуха. В толще насыпи уже через 7 - 10 мин после прекращения активного вентилирования устанавливается близкая к оптимальной относительная влажность. По существу, эта особенность СРС предопределяет целесообразность редкого, импульсного вентилирования и ненужность дополнительного увлажнения воздуха в хранилищах.

Многочисленные теоретические и экспериментальные исследования свидетельствуют о наличии на поверхности СРС насыщающей упругости водяного пара, соответствующей температуре поверхности и превышающей упругость пара в окружающей среде. Влияние на нее относительной влажности воздуха помещения хранения уже на глубине 0,4 . . 0,5 м при равномерной температуре по высоте насыпи незначительно. Отметим, что влагообмен происходит медленно, углубления зоны испарения в элементах продукции не происходит. Оптимальные значения подвижности воздуха в насыпи лежат в пределах 0,04...0,2 м/с и не должны превышать 0,4...0,5 м/с для предотвращения вырывания воздухом воды из продукции. С теплофизической точки зрения для поддержания требуемого теплового и влажностного режима насыпи клубней предпочтительны минимальные скорости и удельные расходы воздуха.

Понимание процессов, происходящих в БАП во время хранения, привело к выработке оптимальных режимов вентилирования каждого вида СРС на всех этапах хранения. Например, в общем виде принципы вентилирования картофеля в насыпи представлены в таблице 2, для контейнерного способа есть много принципиальных отличий, рассмотрение которых заслуживает отдельного рассмотрения. Однако как учесть при этом особенности каждой конкретной партии поступающей на хранение продукции? Имеются ли у САВ резервы для обеспечения приемлемой сохранности в сложной ситуации, когда на хранение закладываются овощи с высокой степенью загрязнения, влажные, подмороженные?

Таблица 2. Оптимальные показатели вентиляции
при хранении картофеля

Фаза хранения	Длительность, сутки	Воздушный поток			Форма вентиляции
		температура, °С		Относительная влажность, %	
		по отношению к температуре в верхнем слое насыпи	абсолютная температура		
Просушка	2...15	На 2...3 выше	10...16	70...90	Постоянное
Лечебный период	6...30	На 2...7 ниже			
1-я часть	3...15		13...18	80...90	Импульсное
2-я часть	3...15		8...12	80...90	
Охлаждение	5...30	До 5 ниже	Выше 0	70...90	Импульсное
Основное хранение	До 180	На 1...2 ниже	Выше 0	85...90	Импульсное
Нагревание	До 7	До 5 теплее	Выше 5	85...90	Импульсное

Для ответа на этот вопрос нужно изучить специальные нормативные документы, регламентирующие нормы проектирования хранилищ СРС (1,5,6). На первый взгляд, все параметры САВ строго и точно рассчитываются. Так, интенсивность вентиляции насыпи продукции определяют по формуле:

$$q = \frac{v}{G}$$

где v - удельный расход воздуха, м³/(т·ч);

G - масса насыпи продукции, т.

Но уже по этому параметру принимаются совершенно различные решения. Оказывается, оптимальный удельный расход воздуха – величина до настоящего времени спорная и в разных странах колеблется от 30 до 250 куб.м на тонну в час. В РФ для картофеля применяется норма 50 – 70 (1), в РБ – 70 -250 куб.м. (6). Известны случаи проектирования САВ для насыпи картофеля слоем 6 метров с расходом воздуха 10 – 20 куб.м. на тонну в час (7). А ведь данный параметр является первичным в проектирования САВ. От него зависят мощность и количество устанавливаемых вентиляторов, а также размеры и количество впускных, выпускных клапанов, сечение

воздухораспределяющих каналов, чтобы поток воздуха проходил с оптимальной скоростью.

Вентиляторы, в свою очередь, должны обеспечивать подачу воздуха в необходимом количестве с преодолением сопротивления сети на всех участках движения. Общее сопротивление приточной вентиляционной сети H_c , Па, определяется формуле:

$$H_c = 1,1 (H_{п.ш.} + H_{м.к.} + H_{в.к.} + H_n)$$

где $H_{п.ш.}$ - сопротивление приточной шахты, Па;

$H_{м.к.}$ - сопротивление магистрального канала, Па;

$H_{в.к.}$ - сопротивление воздухораспределительного канала, Па;

H_n - сопротивление насыпи продукции, Па.

Сопротивление воздухораспределительного канала находят по формуле:

$$H_{в.к.} = \zeta P_{д.в.х.} = \zeta \rho V_k^2 / 2$$

где ζ - коэффициент сопротивления канала определяют по табл. 1;

$P_{д.в.х.}$ - среднее динамическое давление на входе в канал, Па;

V_k - средняя скорость воздуха на входе в канал, м/с.

Гидравлическое сопротивление насыпи продукции H_n , Па, определяют по таблице 3.

Таблица 3. Гидравлическое сопротивление насыпи продукции, Па

Продукция	Толщина слоя, м	Интенсивность подачи воздуха на 1 м ² сечения насыпи, перпендикулярной воздушному потоку, м ³ /ч						
		50	100	200	300	400	500	1000
Картофель*	1	2,9	7,0	19,0	37,3	57,5	85,4	236,00
	2	6,8	16,5	44,5	87,5	124,5	197,5	556,5
	3	11,1	27,0	73,5	144,0	221,0	326,5	882,5
	4	16,0	38,5	104,5	205,5	314,7	465,0	1309,0
	5	21,0	51,0	138,0	270,0	420,0	612,0	1715,0
	6	26,0	63,5	172,5	338,0	530,0	766,0	2142,0
Лук	1	3,2	8,1	22,7	43,6	71,1	105,0	371,0
	2	7,7	19,4	54,3	104,0	170,0	251,0	888,0
	3	13,0	32,4	90,5	174,0	284,0	419,0	1480,0
	4	18,6	46,5	130,0	250,0	408,0	602,0	2130,0
Свекла	1	0,8	2,1	5,9	11,4	18,6	27,5	97,2
	2	1,7	4,2	11,8	22,8	37,2	55,0	194,4
	3	2,6	6,3	17,8	34,2	55,8	82,5	291,6
	4	3,4	8,5	23,7	45,6	74,4	110,0	388,8

Продолжение таблицы 3.

Капуста**	1	1,3	3,1	8,3	15,4	24,6	35,8	122,0
	2	2,6	6,2	16,6	30,8	49,2	71,6	244,0
	3	3,9	9,4	24,8	46,2	73,8	107,4	366,0
	4	5,2	12,5	33,1	61,6	98,4	143,2	488,0
Морковь	1	1,5	3,6	9,7	18,2	29,2	42,6	146,0
	2	3,0	7,2	19,4	36,4	58,4	85,2	292,0
	3	4,5	10,8	29,1	54,6	87,6	127,8	438,0

* Сопротивление насыпи для картофеля дано с учетом засоренности - 10 %.

** Сопротивление насыпи капусты дано с учетом отслаивания поверхностных листьев, создающих дополнительное сопротивление.

И здесь тоже нет единства в рядах проектантов и поставщиков оборудования. Раньше для вентилирования овощей использовали только центробежные вентиляторы, создающие давление до 1000 Па. В последнее время стали активно предлагаться осевые вентиляторы с давлением не более 300 Па. Если вентиляторы создают низкое давление, то они бесполезны при существенном увеличении сопротивления. А на практике это встречается достаточно часто. Известно, что при увеличении количества примесей в поступающем на хранение ворохе с 5 до 20% сопротивление воздушному потоку увеличивается в 15 раз!, при прорастании клубней - в 4 раза.

Внимательный анализ принципов проектирования показывает, что незначительные, казалось бы, ошибки в определении параметров насыпи могут существенно изменить качество вентилирования. Так, если расчет сделан для насыпи с коэффициентом пористости 0,4, а фактически он составит 0,2, то скорость движения воздуха превысит оптимальные значения в два раза. Это, как уже было отмечено выше, неизбежно приведет к ухудшению образования раневой перидермы в лечебный период, излишней потере тургора и массы клубней. Тепло – и влаговыделения клубней с различной степенью повреждения кожуры отличаются на порядок, важно реально учесть и наличие больных клубней, чтобы правильно рассчитать мощность и режимы работы вентиляционной системы.

Получается, что теория вентилирования одна, но сельхозпроизводителям при оснащении хранилищ нужно очень внимательно анализировать и выбирать конкретный принцип и параметры вентилирования с учетом всех особенностей своей продукции. Многочисленные поставщики западноевропейских систем (Толсма, Омнивент, Гаугеле) предлагают осевые вентиляторы с производительностью 100-150 м³/ч на тонну продукции, которая достигается при сопротивлении не более 250-300 Па. Специалисты фирм «Агромастер» (РБ, с 2007 года), «Тессо», «АгроИнжиниринг» (РФ) считают, что для нормального вентилирования насыпи картофеля

необходимо создавать статическое давление не менее 340-450 Па, поддерживать интенсивность вентилирования на уровне 40-70 м³/ч (не более 80) на тонну продукта и что при высоте загрузки 3-4 м. напор воздуха должен быть в пределах 350-400 — 700-800 Па. В первом случае предлагается большая интенсивность вентилирования при низком давлении нагнетаемого воздуха, во втором – с точностью до наоборот. Какой вариант лучше?

Ответ на поставленный вопрос логично вытекает из всей вышеизложенной информации: вентилирование с оптимально низкой интенсивностью и высоким напором лучше всего соответствует специфике длительного хранения СРС. При этом обеспечивается оптимально низкая скорость движения воздуха в межпродуктовом пространстве, предотвращается чрезмерное высушивание продукта, преодолевается сопротивление участков насыпи с высоким содержанием почвы и обеспечивается их нормальное вентилирование. Тем самым предотвращается появление непродуваемых зон, в том числе при объемном методе вентилирования больших массивов контейнеров. Новое поколение электронно - управляемых высоконапорных центробежных вентиляторов фирмы «Ebmpapst» (Германия) для такого принципа вентилирования имеет отличные характеристики энергетической и экономической эффективности.

Низконапорные осевые вентиляторы предназначены для вентилирования только образцово подготовленной насыпи: без почвы, примесей, болезней. Особенностью конструкции осевых вентиляторов является многократное уменьшение производительности при увеличении сопротивления среды, а многие марки устанавливаемых недобросовестными поставщиками осевых вентиляторов вообще не способны создавать давление больше 250 Па. Это означает, что вентилятор работает, но воздух в насыпь продукции не поступает. Если же сопротивление слоя продукции неравномерное и, наряду с загрязненными, имеются участки чистой продукции, то весь подаваемый воздушный поток начинает фонтанировать через участки с меньшим сопротивлением. Скорость воздуха в этой зоне резко увеличивается, температура его при этом повышается, что приводит к пересушиванию части продукции, а залечивание повреждений кожуры при высокой скорости движения воздуха прекращается. И в это же время другие зоны совсем не вентилируются, а продукция там портится от удушья и самосогревания.

Приведенные здесь сведения предназначена для информирования руководителей и специалистов сельскохозяйственных предприятий. Безусловно, многие аспекты в формате одной статьи не удалось даже обозначить. Каждая овощная культура и каждый способ хранения

заслуживают отдельного рассмотрения. Но общий вывод, который напрашивается на основе изучения достаточно специфических законов и принципов активного вентилирования сочной растительной продукции состоит в том, что этот этап технологического процесса является достаточно сложным. Современные комплектные САВ для картофеля и овощей часто имеют цену более 30 тысяч евро на 1000 тонн хранения. Повышение эффективности их применения на фоне стабильности и даже снижения цен на овощную продукцию – актуальная задача. По степени значимости, с точки зрения снижения удельных затрат на эксплуатацию САВ, на первом месте всегда окажется повышение качества поступающей на хранение продукции, на втором - применение нового поколения электронно–коммутируемых центробежных вентиляторов, на третьем – использование полноавтоматического управления работой САВ. На основе квалифицированного проектирования и комплектации САВ под конкретную ситуацию можно снизить стоимость оборудования, как минимум, на 25%, уменьшить расход электроэнергии на вентиляцию в два раза, увеличить выход товарной продукции на 20% и обеспечить сохранение качества картофеля и овощей после хранения.

Литература:

1. Нормы технологического проектирования предприятий по хранению и обработке картофеля и плодоовощной продукции. НТП - АПК 1.10.12.001-02. – М., 2002. – 60 с.
2. Beukema H.P, van der Zaag. Potato improvement, Some Faktors and Fakrs. – Netherlands, 1979. – 87 p.
3. Способ хранения посадочного картофеля и устройства закрываемого картофелехранилища./ Чулков Б.А., Старовойтов В.А., Симаков Е.А. и др. – М., 2011. -12 с.
4. Жадан В.З. Влагообмен в плодоовощехранилищах. – М.: Агропромиздат, 1985. – 199 с.
5. Пособие по теплотехническому расчету зданий для хранения и переработки картофеля и овощей. – М. – 1988.- 30 с.
6. Здания и помещения для хранения и переработки сельскохозяйственной продукции. Строительные нормы проектирования. ТКП 45 -3.02 -143 – 2009. – Минск, 2010. – 14 с.
7. Михеев В.Ф. Хранение картофеля в Швеции// Картофель и овощи. – 1984. - №4.- с.11 -14.