

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗАВИСИМОСТИ РЕЖИМА РАБОТЫ КОНВЕЙЕРА ОБРАБОТКИ ТУШ ОТ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ЛИНИИ УБОЯ КРС

А. Н. Литвинович

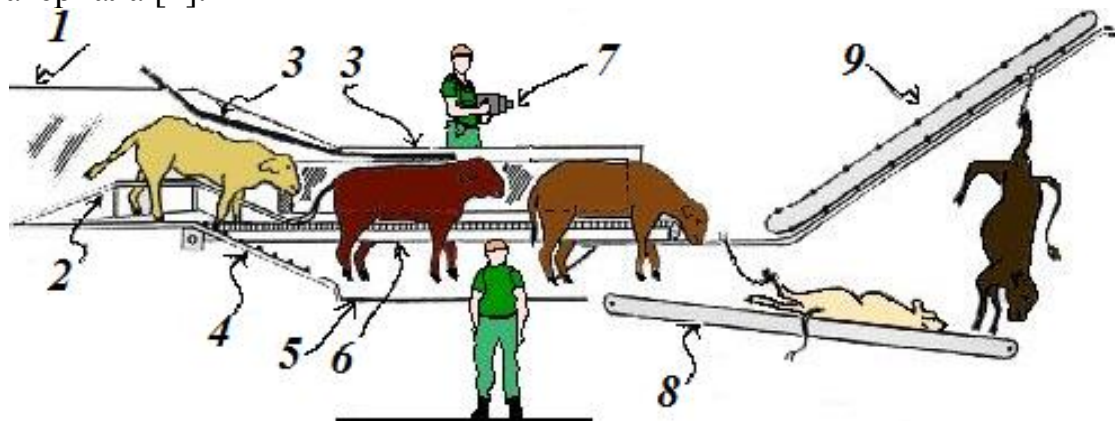
*Брестский государственный технический университет,
г. Брест, Республика Беларусь*

Введение

По характеру движения подвесные конвейеры делятся на непрерывные и пульсирующие. В отличие от конвейеров с непрерывным движением цепи, пульсирующие конвейеры позволяют осуществлять операции не при непрерывном движении туш, а в состоянии покоя, что облегчает выполнение операций. Таким образом, работа в пульсирующем режиме предпочтительнее. При проектировании технологических линий возникает задача определения режима работы конвейера, т. к. от него зависит конструкция применяемого оборудования, площадок, расстановка бойцов и др. В свою очередь, режим работы конвейера зависит от производительности линии, поэтому возникает задача определения максимально возможной производительности линии в пульсирующем режиме.

Отличительные особенности непрерывных линий убоя

Опишем технологическую линию убоя КРС производительностью 275 голов/час компании EXCEL (город Плейнвью, штат Техас, США) на основе видеоматериала [1].



1 – входной прогон, 2 – распорка для ног, 3 – прижимная стойка,
4 – входной пандус, 5 – фальшпол, 6 – конвейер, 7 – пневматический пистолет,
8 – пластинчатый конвейер, 9 – элеватор

Рисунок 1– Конвейерная система оглушения

Оглушение

КРС по прогону 1 перемещаются к конвейеру 6. Верхняя часть конвейера 6 находится на уровне пола входного прогона 1. Стационарная распорка ног 2 направляет ноги животного в правильное положение. Животные спускаются по рифленому нескользящему пандусу 4, расположенному под углом не более 25 градусов. Для обеспечения неподвижности и спокойствия скота используется прижимная стойка 3, которая должна быть достаточно длинной, чтобы живот-

ное, входящее в бокс оглушения, не могло видеть, пока его ноги полностью не оторвутся от входного пандуса 4. В данной системе оглушения обязательно наличие фальшпола 5 чуть ниже ног животного, т. к. скот будет упираться и отказываться входить, если увидит крутой обрыв под конвейером.

После того, как голова КРС проехала прижимную стойку 3, боец производит оглушение пневматическим пистолетом 7. Затем на заднюю ногу КРС во время движения конвейера 6 накладывается путовая цепь бойцом, расположенным под конвейером оглушения. Оглушенное животное падает с конвейера 6 на пластинчатый конвейер 8. Двигаясь с помощью этого конвейера, КРС тянет за собой по направляющим каретку путовой цепи, которая входит в зацепление с толкателями элеватора 9, после чего КРС начинает подъем на путь обескровливания.

Съем шкуры

Из-за высокой производительности линии для съема шкуры последовательно применяется 3 вида шкуроръемных машин: боковой съемник (side puller), верхний съемник (up puller), нижний съемник (down puller).

Изначально бойцы при помощи пневматических ножей производят забеловку живота и грудной клетки. Затем при помощи бокового съемника происходит съем шкуры с боков туши (см. рисунок 2а) в следующей последовательности:

- 1) боковой съемник входит в синхронное движение с тушей;
- 2) боец кладет висящую шкуру в левый захват 1 и нажимает кнопку на пульте управления 3 для его срабатывания, те же действия выполняются и другим бойцом с правой стороны;
- 3) боец нажимает кнопку на главном пульте управления, после чего запускается процесс съема шкуры;
- 4) гидроцилиндры 4 и 6 начинают двигаться одновременно:
 - под позицией 4 – втягивают штоки, тем самым производя отрыв шкуры;
 - под позицией 6 – выдвигает шток, из-за чего пластина 5 прижимается к спине туши. Это обеспечивает ее стабильное положение во время процесса;
- 5) захваты 1 отпускают шкуру.

Далее боец отделяет шкуру таким образом, чтобы между шкурой и спиной можно было просунуть толстый стержень верхнего съемника (рисунок 2б), после этого происходит съем шкуры со спины на данной машине с последующей стерилизацией стержня.

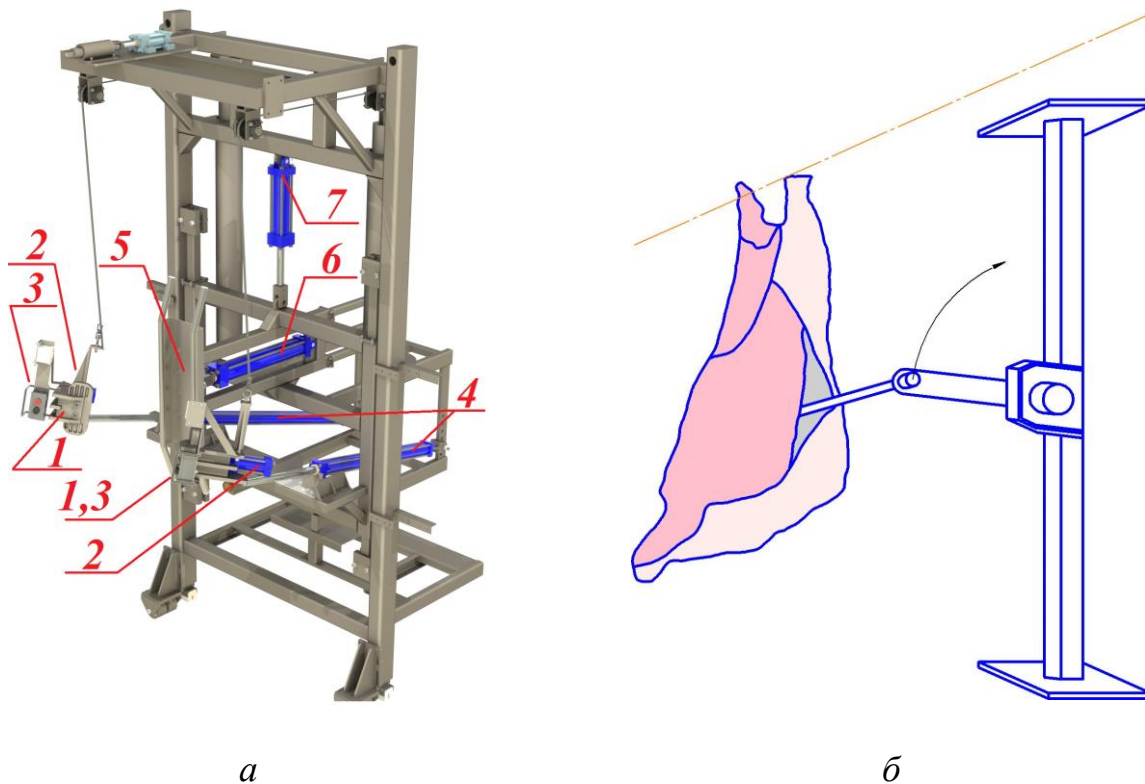
Завершающий этап съема шкуры происходит на нижнем съемнике. Рабочим органом данной машины является неподвижный цилиндр, закрепленный только с одной стороны и имеющий продольную прорезь. После того как шкура попадает в прорезь, барабан начинает вращение и шкура наматывается на него. После завершения процесса барабан разматывает шкуру и она падает в отверстие в полу для последующей обработки.

Нутровка

Отличительной особенностью данной операции является то, что выемка внутренних органов осуществляется бойцами, стоящими на непрерывно движущемся конвейере (рисунок 3).

Распиловка на полутуши

После нутровки туши разделяются на полутуши. Двое рабочих с ручными ленточными пилами стоят на платформе (см. рисунок 4), которая опускается не вертикально, а под некоторым углом, что позволяет делать распил во время движения конвейера.



1 – захват для шкуры; 2, 4, 6, 7 – гидроцилиндр;
3 – пульт управления захватом; 5 – пластина;
а – боковой съемник; *б* – верхний съемник
Рисунок 2 – Виды шкуроеъемных машин



Рисунок 3 – Нутровка



Рисунок 4 – Площадка для распиловки туш

Методика расчетов

В первом приближении можно заключить, что критическая точка перехода одного режима работы в другой находится в диапазоне 60–275 голов/час, т. к. линия, установленная на Брестском мясокомбинате, работает в пульсирующем режиме и имеет производительность 60 голов в час.

При работе в пульсирующем режиме за 60 мин. должно быть обработано N туш, данное число определяется необходимой производительностью линии, при этом часть времени конвейер будет останавливаться для выполнения операций, а другую часть – смещать туши на шаг между ними (для КРС 1,9 м). Запишем данные рассуждения в виде формулы

$$3600 = t_{\text{ост.общ}} + t_{\text{движ.общ}}, \quad (1)$$

где 3600 – время, за которое будет обработано N туш, с.,

$t_{\text{ост.общ}}$ – общее время остановок конвейера, с.,

$t_{\text{движ.общ}}$ – общее время движения конвейера, с.

Времена $t_{\text{ост.общ}}$ и $t_{\text{движ.общ}}$ удобнее выразить через время одной остановки и одного смещения:

$$t_{\text{ост.общ}} = N \cdot t_{\text{ост.}}; t_{\text{движ.общ}} = (N - 1) \cdot t_{\text{движ.}} \quad (2)$$

Следовательно, формулу (1) можно представить в виде:

$$3600 = N \cdot t_{\text{ост.}} + (N - 1) \cdot t_{\text{движ.}} \quad (3)$$

Зададимся $t_{\text{движ.}} = 10$ с. по причине необходимости стерилизации инструмента между операциями и уменьшения утомляемости бойцов.

Тогда:

$$t_{\text{ост.}} = (3600 - (N - 1) \cdot t_{\text{движ.}}) / N \quad (4)$$

Используя формулу (4) можно найти время $t_{\text{ост.}}$ в диапазоне производительностей 60–275 голов/час. Результаты расчетов приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Зависимость времени остановки конвейера от производительности

Пр-ть, голов/час	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170
$t_{\text{ост.}}$, сек.	41,6	35,13	30,11	26,1	22,82	20,08	17,77	15,79	14,07	12,56	11,24
Пр-ть, голов/час	180	190	200	210	220	230	240	250	260	270	280
$t_{\text{ост.}}$, сек.	10,06	9	8,05	7,19	6,41	5,70	5,04	4,44	3,88	3,37	2,89

По формуле (4) переход пульсирующего режима работы конвейера в непрерывный произойдет при производительности 360 голов/час ($t_{\text{ост.}} = 0$), однако она не может считаться предельной для пульсирующего режима по нескольким причинам:

1) по таблице 1 можно заметить, что при производительности 280 голов/час $t_{\text{ост.}} = 2,89$ с. При данном времени невозможно качественно выполнить какую-либо технологическую операцию или ее часть, также работа человека на такой скорости будет утомительной. По данной причине принимаем $t_{\text{ост.}} \geq 10$ с.;

2) на выполнение каждой операции требуется определенное количество времени. В таблице [2, стр. 126] приведены примерные затраты оперативного

времени (нормы времени) на каждую операцию. Зная время выполнения операции и время остановки конвейера при определенных производительностях, можно определить количество позиций, на которых данная операция может быть выполнена:

$$n = t_{\text{оп.}} / t_{\text{ост.}}, \quad (5)$$

где $t_{\text{оп.}}$ – время на выполнение операции, с.

Используя формулы (4) и (5), составили таблицу 2 (приводится в сокращенном варианте).

Стоит учитывать, что одни операции возможно разбить на несколько этапов, а другие нельзя. Как раз последние и будут выступать в качестве ограничений. В таблице 2 данные операции выделены цветом. На основании таблицы можно заключить, что по этим операциям максимальная производительность в пульсирующем режиме:

- для операций «наложение лигатуры на пищевод», «распиловка грудной кости», «распиловка туш по позвоночнику» – 140 голов/час;
- для операции «распиловка (разрубка) лонного сращения» – 120 голов/час;
- для операции «съемка шкуры на механической установке» – 90 голов/час.

Операцию «распиловка (разрубка) лонного сращения» можно ускорить до 15 с., а операцию «съемку шкуры на механической установке» – осуществить за несколько этапов по схеме, описанной выше. Делаем вывод, что максимальная производительность в пульсирующем режиме составляет 140 голов/час, при которой время остановки конвейера равняется 16 с., что приемлемо ($16 > 10$). При производительности 140 голов/час необходимо применять 2 бокса оглушения «классической конструкции» [3, стр. 13] или конвейерную систему оглушения (см. рисунок 1).

Для работы линии в пульсирующем режиме при производительности большей 140 голов/час необходимо сократить $t_{\text{движ.}}$ или ускорить время выполнения вышеперечисленных операций благодаря применению средств автоматизации.

Таблица 2 – Расчет количества рабочих мест на операции

Операция переработки крупного рогатого скота	$t_{\text{оп.}}, \text{ с.}$	Кол-во рабочих мест на операцию, при производительности, голов/час							
		110	120	130	140	150	160	170	180
Убой и обескровливание									
Подгон животного в бокс	15	1)							
Оглушение (кол-во боксов)	30	2	2	2	2	3	3	3	3
Наложение путовых цепей	5	1	1	1	1	1	1	1	1
Подъем животного на подвесной путь	15	2)							
Подача животного на обескровливание	10								
Наложение лигатуры на пищевод	15	1	1	1	1	2	2	2	2
Обескровливание полым ножом и сбор пищевой крови	50	3)							
Стекание крови на технические цели	600	19	20	22	24	25	27	29	30

Продолжение таблицы

Забеловка и съемка шкуры									
Съемка шкуры с передн. конечн. и отдел. путового сустава	40	2	2	3	3	3	4	4	4
Съемка шкуры с головы	45	4)							
Забеловка свободной задней конечн. и отделение путового сустава (*)	65	3	4	4	5	5	6	6	7
Перевеска туши с пути обескровливания на путь обработки	15	1	1	1	1	2	2	2	2
(*) тоже, только 2й задней ноги	65	3	4	4	5	5	6	6	7
Заделка проходника	15	1	1	1	1	2	2	2	2
Забеловка грудной и брюшной частей туши	30	2	2	2	2	3	3	3	3
Забеловка шкуры бедер	30	2	2	2	2	3	3	3	3
Забеловка шкуры левой лопатки	30	2	2	2	2	3	3	3	3
Забеловка шкуры правой лопатки	30	2	2	2	2	3	3	3	3
Фиксация шкуры цепью для механической съемки	15	1	1	1	1	2	2	2	2
Фиксация туши для механической съемки шкур	15	1	1	1	1	2	2	2	2
Съемка шкуры на механической установке	40	2	2	3	3	3	4	4	4
Отделение головы, подвеска головы на путь обработки голов, препарирование - вытягивание языка для ветеринарного осмотра	40	2	2	3	3	3	4	4	4
Выключение туши из установки для съемки шкур	15	1	1	1	1	2	2	2	2
Удаление внутренностей									
Растяжка задних конечностей туши	12	1	1	1	1	1	1	1	1
Распиловка грудной кости	15	1	1	1	1	2	2	2	2
Заделка (препарирование) пищевода	17	1	1	1	2	2	2	2	2
Распиловка (разрубка) лонного сращения	20	1	1	2	2	2	2	2	2
Нутровка (удаление желудочно-кишечного тракта)	30	2	2	2	2	3	3	3	3
Ливеровка (удаление ливера)	30	2	2	2	2	3	3	3	3
Разборка ливера	20	1	1	2	2	2	2	2	2
Разборка кишок и желудка	20	1	1	2	2	2	2	2	2
Распиловка туш по позвоночнику	15	1	1	1	1	2	2	2	2
Передача туш на подвесной путь туалета	15	1	1	1	1	2	2	2	2
Туалет туш									
Надрез и отделение почек	15	1	1	1	1	2	2	2	2
Срез жира с паховой и тазовой частей и отрезка хвоста	25	2	2	2	2	2	2	3	3
Отделение почечного жира	20	1	1	2	2	2	2	2	2
Зачистка верхней части туши	15	1	1	1	1	2	2	2	2
Зачистка нижней части туши	20	1	1	2	2	2	2	2	2
Промывка туш щеткой	40	2	2	3	3	3	4	4	4
Срезка остатков диафрагмы	15	1	1	1	1	2	2	2	2
Сборка грудного жира	15	1	1	1	1	2	2	2	2
Сухой туалет	40	2	2	3	3	3	4	4	4
Окончательный туалет	15	1	1	1	1	2	2	2	2
Откатка туши на весы и от весов	25	2	2	2	2	2	2	3	3

Примечания: 1) для всех производительностей достаточно 1–2 бойца; 2) данные операции для любой производительности выполняются элеватором и конвейером обескровливания соответственно; 3) происходит на позициях сбора технической крови; 4) т. к. съемка шкуры с головы происходит на уровне пола, возможно совмещение этой операции, например, с забеловкой задней ноги.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Beef Packing Plant Tour: Slaughter [Electronic resource]. – Mod of access: <https://vimeo.com/29486603>. – Date of access: 27.09.2023.
2. Технология мяса и мясопродуктов : учеб. для вузов / А. А. Соколов [и др.] ; под общ. ред. А. А. Соколова. – Изд. 2-е, перераб. – Москва : Пищевая пром-сть, 1970. – 739 с.
3. Методические указания к практической работе № 1 «Разработка технологической линии убоя и разделки скота» по дисциплине «Оборудование пищевых производств» для студентов специальности 1-36 09 01 «Машины и аппараты пищевых производств» : в 2 ч. Брест. гос. техн. ун-т ; сост.: Н. У. Ляшук, А. Н. Литвинович. – Брест : БрГТУ, 2022. – Ч. 1 : Технологические линии для производства пищевых продуктов. – 39 с.

УДК 539.3

ОБ УСТОЙЧИВОСТИ ПОДКРЕПЛЕННЫХ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ОБОЛОЧЕК ПРИ ДИНАМИЧЕСКОМ НАГРУЖЕНИИ ОСЕВЫМ СЖАТИЕМ Игнатюк В.И.

Брестский государственный технический университет;
г. Брест, Республика Беларусь

Введение. Тонкостенные цилиндрические оболочки находят широкое применение в элементах машиностроительных конструкций. Учитывая высокую прочность оболочек, их допустимую нагрузку при действии внешнего давления чаще всего определяет их устойчивость. Более высокая устойчивость будет у оболочек, подкреплённых ребрами жесткости. Такие элементы в машиностроении могут подвергаться динамическим воздействиям. В этом случае говорят о динамической устойчивости элементов.

Постановка задачи. Подкреплённая оболочка рассматривается как система, состоящая из круговой тонкостенной цилиндрической оболочки, усиленной жестко с ней соединёнными по линиям контакта продольными (стрингерами) и поперечными (шпангоутами) ребрами, которые могут располагаться как с внешней, так и с внутренней сторон (рисунок 1).

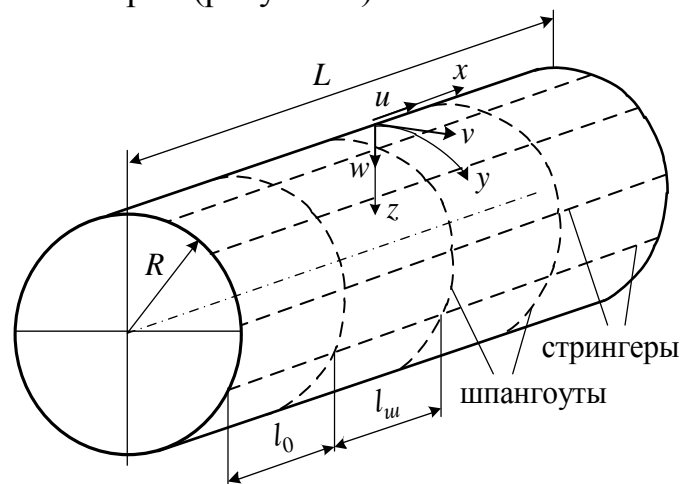


Рисунок 1 – Расчетная схема подкреплённой цилиндрической оболочки