

664.951.022.1

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПОШТУЧНОЙ ПОДАЧИ КАМБАЛ
НА ОБРАБОТКУ

В.Н.Дегтярев, В.Г.Кариус

В 1961 г. на Всесоюзной научно-технической конференции работников рыбной промышленности решался вопрос о создании оборудования для сортировки рыбы по размерам и породам. Однако до сего времени отечественная (и зарубежная) рыбная промышленность не располагает эффективными автоматическими устройствами для сортировки и разделки рыб некоторых пород, в частности камбаловых, несмотря на то что их часть в общей добыче рыбы в Тихоокеанском бассейне велика / 1 /.

В последние годы у нас были опубликованы теоретические и экспериментальные работы по сортировке камбал на размерные группы фотоэлектронным методом / 2 /.

Этот метод требует, чтобы камбала к сектору измерения площади подавалась поштучно.

Биологические особенности камбал (слизистый покров, плоская форма, слипаемость) / 3 / делают для нее непригодными существующие методы поштучного разделения округлых рыб. Нами проведены экспериментальные исследования особенностей плоских рыб при их разделении поштучно.

Одна из таких особенностей - движение плоских рыб по вогнутой криволинейной поверхности. Это движение рассматривается при определенных условиях:

1) камбала движется по ограниченной вогнутой криволинейной поверхности;

2) радиус вогнутой криволинейной поверхности – величина постоянная, т.е. $r = const$;

3) ось камбалы в поперечном сечении совпадает с касательной к траектории центра ее массы;

4) камбала движется по однородной вогнутой криволинейной поверхности, т.е. коэффициент трения камбалы о поверхность считаем постоянной величиной, т.е. $K = const$;

5) сила, движущая камбалу, приложена к центру ее массы;

6) ускорение силы тяжести постоянно по величине и направлению.

Принятые условия о действующих физических параметрах позволяют сделать заключение, что траекторией точки постоянной массы будет плоская кривая.

Уравнения движения камбалы получаем, спроектировав силы на оси натурального триэдра / 4 / (рис.1).

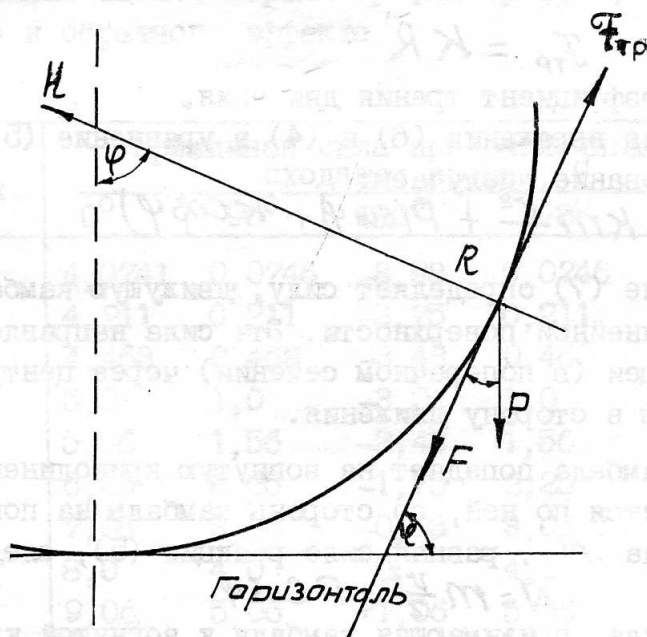


Рис.1.

$$\sum F_{\kappa 1} = m \frac{v^2}{r}; \quad m \frac{v^2}{r} = R - P \cdot \cos \varphi \quad (1)$$

$$\sum F_{\kappa 2} = \frac{dv}{dt} m; \quad m \frac{dv}{dt} = F - F_{\text{тр}} - P \sin \varphi \quad (2)$$

так как $v = const$, то $\frac{dv}{dt} = 0$ следовательно:

$$F - F_{\text{тр}} - P \sin \varphi = 0 \quad (3)$$

где R - нормальная сила реакции поверхности, Н;
 P - вес камбалы, Н;
 m - масса камбалы, кг;
 v - скорость движения камбалы, м/сек;
 z - радиус криволинейной поверхности, м;
 F - сила, движущая камбалу, Н;
 $F_{тр}$ - сила трения камбалы о поверхность, Н;
 φ - угол, определяющий положение сходящей кромки относительно горизонтальной линии, град;
 W_n - нормальная составляющая ускорения, м/сек².

Из уравнения (1) находим нормальную силу реакции поверхности:

$$R = m \frac{v^2}{z} + P \cos \varphi \quad (4)$$

Из уравнения (3) находим силу, движущую камбалу по вогнутой криволинейной поверхности:

$$F = F_{тр} + P \sin \varphi \quad (5)$$

но

$$F_{тр} = K R \quad (6)$$

где K - коэффициент трения движения.

Подставив выражения (6) и (4) в уравнение (5) и сделав преобразование, получаем:

$$F = K m \frac{v^2}{z} + P (\sin \varphi + K \cos \varphi) \quad (7)$$

Уравнение (7) определяет силу, движущую камбалу по вогнутой криволинейной поверхности. Эта сила направлена по линии, проходящей (в поперечном сечении) через центр тяжести массы камбалы в сторону движения.

Когда камбала попадает на вогнутую криволинейную поверхность и движется по ней, со стороны камбалы на поверхность действует сила N , равная силе реакции (5), следовательно,

$$N = m \frac{v^2}{z} + P \cos \varphi \quad (8)$$

где N - сила, прижимающая камбалу к вогнутой криволинейной поверхности (прижимная сила), Н.

В уравнении (8) первое слагаемое - центробежная сила инерции $C = m \frac{v^2}{z}$, которая является функцией двух переменных $C = f_1(m; v)$. Второе слагаемое уравнения (8) - сила нормального давления, которая также является функцией двух переменных $N = f_2(m; \varphi)$. Следовательно, прижимная сила - функция трех переменных

$$N = F(m; v; \varphi). \quad (9)$$

На основании уравнения (8) и экспериментальных данных ($m = const$) составляем таблицу (выборочно) изменения прижимной силы в зависимости от скорости и положения сходящей кромки, относительно горизонтальной линии.

Было установлено, что когда прижимная сила камбалы положительна - она стремится выйти при любом положении сходящей кромки относительно горизонтальной линии за пределы ограниченной вогнутой криволинейной поверхности. Интервал, в котором происходит этот процесс, мы называем зоной прямого эффекта. А когда прижимная сила камбалы отрицательна - она стремится оторваться от ограниченной вогнутой поверхности внутрь этой поверхности, т.е. возвращается обратно для повторения цикла поштучной подачи. Интервал, в котором происходит этот процесс, мы называем зоной обратного эффекта.

По данным табл.1 строим график (рис.2), определяем зоны прямого и обратного эффекта.

Таблица 1

Скорость рыбы, м/сек.	Прижимная сила при различных положениях сходящей кромки, Н				
	0°	90°	180°	270°	360°
0,25	4,0741	0,0746	-3,93	0,0746	4,0746
0,5	4,211	0,211	-3,75	0,211	4,211
0,75	4,463	0,463	-3,43	0,463	4,463
1,0	5,0	1,0	-3,0	1,0	5,0
1,25	5,56	1,56	-2,43	1,56	5,56
1,5	6,25	2,25	-1,75	2,25	6,25
1,75	7,06	3,06	-0,93	3,06	7,06
2,0	8,0	4,0	0	4,0	8,0
2,25	9,06	5,06	+1,06	5,06	9,06

Как видно из рис.2, если принять $U = 0,25$ м/сек, то для камбалы со средней массой прижимная сила изменяется от 4,0746 Н (при $\varphi = 0$) до 0,0746 Н (при $\varphi = 90^\circ$), а затем принимает отрицательное значение, т.е. разделение по штукам не происходит.

При $U = 2$ м/сек прижимная сила изменяется от 8 Н (при $\varphi = 0$) до 0 Н (при $\varphi = 180^\circ$).

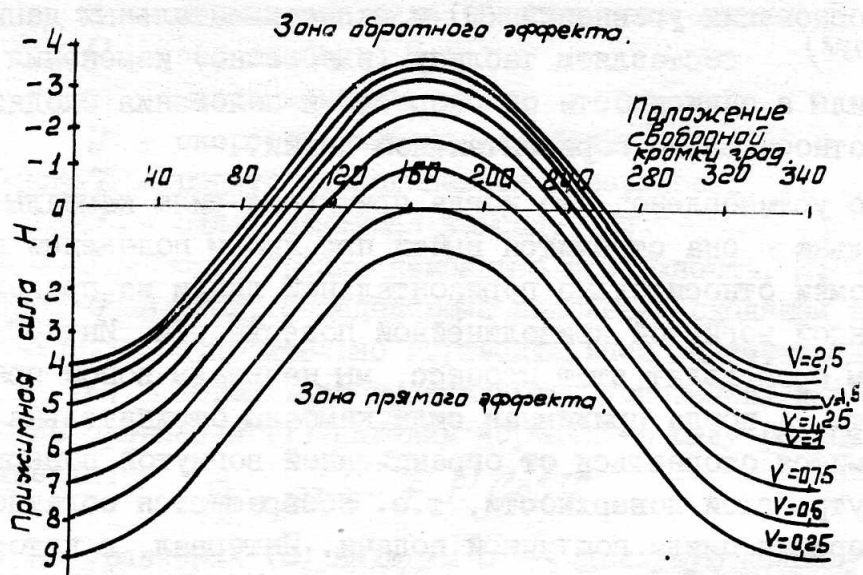


Рис.2.

Следовательно, при увеличении скорости положительная прижимная сила возрастает, т.е. увеличивается зона прямого эффекта. С изменением угла φ , который определяет положение сходящей кромки относительно горизонтальной линии, прижимная сила изменяется по закону косинусоиды.

Мы рассмотрели случай, когда одна камбала движется по вогнутой криволинейной поверхности. Однако могут наблюдаться случаи движения двух, трех и более камбал. Они движутся прижавшись друг к другу "спинкой" или "брюшком". При этом первая камбала, находящаяся на вогнутой поверхности, прижимается другими рыбами с силой равной

$$N^I = N_1 + N_2 + N_3 + \dots + N_{n-1} + N_n + N_{n+1} \dots \quad (10)$$

вторая $N^{II} = N_2 + N_3 + \dots + N_{n-1} + N_n + N_{n+1} \dots$

третья $N^{III} = N_3 + \dots + N_{n-1} + N_n + N_{n+1} \dots$

и т.д.

Но $N_1; N_2; \dots; N_{n-1}; N_n; N_{n+1}$ — прижимные силы первой, второй и т.д., n -ой и $n+1$ камбалы. Следовательно, согласно формуле (8) имеем:

$$N_i = m_i \cdot \frac{v_i^2}{2} + P_i \cos \varphi$$

$$N_2 = m_2 \frac{V_2^2}{r_2} + P_2 \cos \varphi ;$$

$$N_{n+1} = m_{n+1} \frac{V_{n+1}^2}{r_{n+1}} + P_{n+1} \cos \varphi . \quad (II)$$

С удалением камбалы от вогнутой криволинейной поверхности к центру радиус ее вращения изменяется на количество впереди стоящих камбал, а следовательно изменяется и линейная скорость. Подставляя в выражение (II) вместо $\frac{V^2}{r}$ произведение $\omega^2 r$ и введя величину a (наибольшая толщина камбалы), уравнение (IO) запишем в виде:

$$N = [m_1 \omega^2 r + m_2 \omega^2 (r-a) + m_3 \omega^2 (r-2a) + m_{n-1} \omega^2 [r-a(n-1-1)] + m_n \omega^2 [r-a(n-1)] + m_{n+1} \omega (r-an)] + [P_1 \cos \varphi + P_2 \cos \varphi + P_3 \cos \varphi + \dots + P_{n-1} \cos \varphi + P_n \cos \varphi + P_{n+1} \cos \varphi] . \quad (I2)$$

Поскольку радиус вращения - величина конечная и произведение an стремится к r , то в какой-то момент времени, когда количество камбал достигнет $(n+1)$, может иметь место равенство $an=r$. Следовательно, последний член первого слагаемого выражения (I2) имеет вид:

$$m_{n+1} \omega^2 (r-an) = 0$$

и выражение (I2) переписывается так:

$$N = \omega^2 \sum_{i=1}^n m_i [r - a_i (i-1)] + \sum_{i=1}^{n+1} P_i \cos \varphi , \quad (I3)$$

где N - прижимная сила $(n+1)$ камбал, Н;

ω - угловая скорость, I/сек;

m_i - масса i -той камбалы, кг;

r - радиус вогнутой криволинейной поверхности, м;

a_i - наибольшая толщина i -той камбалы, м;

P_i - вес i -той камбалы, Н;

$i = 1, 2, 3, \dots, n-1, n, n+1$.

На основании уравнения (I3) составляем табл.2. Как следует из таблицы, при $i=1$ и $\omega=0,63$ I/сек прижимная сила изменяется от 4,0746н (при $\varphi=0$) до 0,0746н (при $\varphi=90^\circ$), а при $\omega=1,57$ I/сек N_i изменяется от 4,463н (при $\varphi=0$) до 0,463н (при $\varphi=90^\circ$).

Таблица 2

N	φ/ω	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
N_1	0,63	4,0746	4,0138	3,8334	3,5386	3,1386	2,6458	2,0746	1,4426	0,769	0,0746
	1,06	4,211	4,151	3,9698	3,675	3,275	2,782	2,211	1,579	0,905	0,211
	1,57	4,463	4,4022	4,2218	3,927	3,527	3,034	2,463	1,831	1,157	0,463
$\sum N_{1-2}$	0,63	8,146	8,025	7,664	7,074	6,274	5,239	4,146	2,882	1,535	0,146
	1,06	8,414	8,292	7,932	7,342	6,542	5,556	4,414	3,150	1,803	0,414
	1,57	8,909	8,787	8,436	7,837	7,037	6,051	4,909	3,645	2,298	0,909
$\sum N_{1-3}$	0,63	12,22	12,03	11,49	10,6	9,407	7,929	6,215	4,319	2,298	0,215
	1,06	12,61	12,43	11,88	11,00	9,801	8,322	6,609	4,713	2,692	0,609
	1,57	13,34	13,15	12,61	11,73	10,53	9,050	7,337	5,441	3,420	1,337
$\sum N_{1-4}$	0,63	16,28	16,04	15,32	14,14	12,54	10,57	8,281	5,753	3,058	0,281
	1,06	16,79	16,55	15,83	14,65	13,05	11,08	8,796	6,268	3,374	0,796
	1,57	17,75	17,50	16,78	15,60	14,00	12,03	8,747	7,219	4,525	1,747
$\sum N_{1-5}$	0,63	20,34	20,04	19,14	17,66	15,66	13,20	10,34	7,184	3,816	0,344
	1,06	20,97	20,67	19,77	18,29	16,30	13,83	10,97	7,815	4,447	0,975
	1,57	22,14	21,83	20,93	19,46	17,46	14,99	12,14	8,979	5,611	2,139

При $\dot{L} = 1; 2; 3$ и $\omega = 0,63 \frac{1}{\text{сек}}$ прижимная сила изменяется от 12,215 н (при $\varphi = 0$) до 0,2152 н (при $\varphi = 90^\circ$); $\omega = 1,06 \frac{1}{\text{сек}}$ $\sum N_{1-3}$ изменяется от 12,609 н (при $\varphi = 0$) до 0,609 н (при $\varphi = 90^\circ$), а при $\omega = 1,57 \frac{1}{\text{сек}}$ $\sum N_{1-3}$ изменяется от 13,347 н (при $\varphi = 0$) до 1,337 н (при $\varphi = 90^\circ$).

Следовательно, при увеличении угловой скорости камбал расширяется зона прямого эффекта. Но так как в зоне прямого эффекта действует значительная прижимная сила, то поштучного разделения камбал в ней не происходит, а лишь поддерживается строго заданное положение рыбы до подхода ее к границе двух зон.

При проведении экспериментальных работ нами было установлено, что подготовка к поштучному разделению камбал происходит при подходе ее к границе двух зон, разделение же происходит на границе этих зон. Это объясняется тем, что секториальное расположение позволяет камбале, стоящей ближе к центру вогнутой поверхности, раньше других войти в зону обратного эффекта. В этом случае рыба отделяется для повторного поштучного разделения.

Прижимная сила камбалы, расположенной у криволинейной поверхности, при входе на границу двух зон положительна. За счет этого рыба выходит за пределы ограниченной вогнутой криволинейной поверхности. Секториально камбалы располагаются при условии, что по мере ее удаления от вогнутой поверхности, она вписывается в сектор. Угол сектора определяется половиной ширины первой камбалы. При этом центр массы рыбы находится на уровне сходящей кромки. Поскольку ширина камбал может быть различной (рис.3), необходимо определить положение центра массы любой из них относительно сходящей кромки.

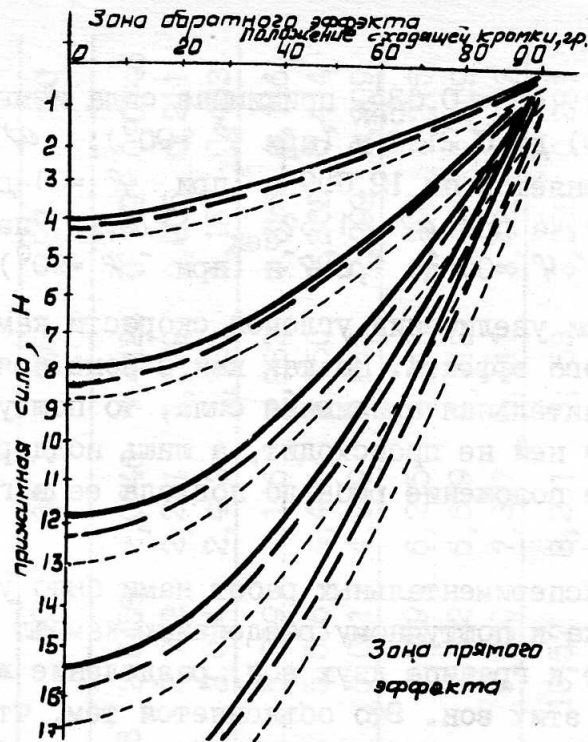


Рис. 3.

Для первой камбалы имеем

$$\operatorname{tg} \alpha_1 = \frac{B_1}{2r};$$

Для второй:

$$\operatorname{tg} \alpha_2 = \frac{B_2}{2(r-a)};$$

для $(n-1)$:

$$\operatorname{tg} \alpha_{n-1} = \frac{B_{n-1}}{2[r-a(n-1)]};$$

для n :

$$\operatorname{tg} \alpha_n = \frac{B_n}{2[r-a(n-1)]};$$

для $(n+1)$:

$$\operatorname{tg} \alpha_{n+1} = \frac{B_{n+1}}{2(r-an)},$$

но так как $an = r$, следовательно,

$$\frac{B_{n+1}}{2(r-an)} = \infty$$

и $\alpha_{n+1} = 90^\circ$, т.е. при $\varphi = 90^\circ$ $(n+1)$ ая камбала прижимную силу не меняет.

Следовательно, уравнение (13) запишется так:

$$N = \omega^2 \sum_{i=1}^n m_i [r - a_i(i-1)] + \sum_{i=1}^{n+1} P_i \cos \left[\varphi + \left(\frac{B_i}{2[r - a_i(i-1)]} - \frac{B_1}{2r} \right) \right], \quad (14)$$

но $\frac{B_i}{2[r-a_i(i-1)]} = \operatorname{tg} \alpha_i$ и $\frac{B_i}{2r} = \operatorname{tg} \alpha_1$,
 следовательно. $\alpha_i = \operatorname{arctg} \frac{B_i}{2[r-a_i(i-1)]}$; $\alpha_1 = \operatorname{arctg} \frac{B_i}{2r}$.

Сделав подстановку α_i и α_1 в уравнение (14), будем иметь:

$$N = \omega^2 \sum_{i=1}^n m_i [r - a_i(i-1)] + \sum_{i=1}^{n+1} P_i \cos[\varphi + (\alpha_i - \alpha_{i-1})]. \quad (15)$$

где P_i - вес i -той камбалы, Н;
 B_i - ширина i -той камбалы, м;
 α_i - угол, определяющий положение центра массы i -той камбалы относительно сходящей кромки, град;
 ω - угловая скорость, $\frac{1}{\text{сек}}$;
 B_1 - ширина первой камбалы, м;
 α_1 - угол, определяющий сектор, град;
 r - радиус вогнутой криволинейной поверхности, м.

Уравнение (15) дает полное определение прижимной силы согласно выражению (9).

На основании уравнения (15) составляем табл.3.

Таблица 3

φ	N^I	N^{II}	N^{III}	N^{IV}	N^V
0	20,138	16,103	12,0745	8,0475	4,0226
10	19,764	15,7949	11,8349	7,8803	3,9354
20	18,8	15,0115	11,2385	7,4755	3,7298
30	17,2442	13,7742	10,3025	6,8447	3,4114
40	15,2157	12,1217	9,0557	6,0077	2,99
50	12,7065	10,1065	7,5388	4,989	2,479
60	9,8129	7,7829	5,7909	3,8219	1,893
70	6,6272	5,2292	3,8715	2,5389	1,25
80	3,2422	2,5178	1,8358	1,18	0,57
90	0,03	-0,0101	-0,0577	-0,1423	-0,2734

Как видно из табл.3, в зависимости от углов значительно меняется суммарная прижимная сила. Так при $\varphi = 30^\circ$ для пер-

вой рыбы имеем значение 17,2, а для пятой - только 3,4. При угле в 90° прижимная сила первой рыбы имеет положительное значение, т.е. рыба находится в зоне прямого эффекта, в остальных же случаях при данном угле рыбы совершают повторный цикл, чтобы разделиться по штукам.

Из графического изображения (рис.4) следует, что по мере приближения рыбы к границе двух зон, они по одной начинают отделяться для повторного цикла поштучной подачи.

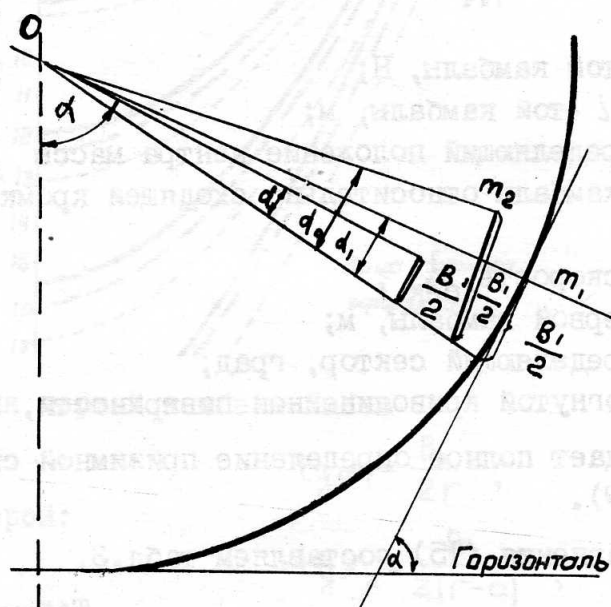


Рис.4

Камбала, стоящая у кромки криволинейной поверхности, обладающая положительной прижимной силой, выходит за пределы этой поверхности.

Во всех рассмотренных случаях перемещения камбалы по криволинейной поверхности наблюдается полное или частичное отделение камбал по штукам в зоне прямого эффекта. Следовательно, при определенном конструктивном техническом решении этой задачи можно добиться поштучного разделения камбалы, идущей валом.

Л и т е р а т у р а

1. Тезисы докладов на Всесоюзной научно-технической конференции работников рыбной промышленности, 1961.
2. Кариус В.Г. Метод фотоэлектронной сортировки камбал на размерные группы. Сб. научно-технической информации ВНИРО, Вып.2, 1968.
3. Таранец А.Я. Краткий определитель рыб Советского дальнего востока и прилежащих вод. Известия ТИРО, Т.2, 1987.
4. Бать М.И., Джанелидзе Г.Ю., Кельзон А.С. Теоретическая механика в примерах и задачах. Изд-во "Наука", Т.2, 1966.
5. Яворский Б.М., Детлаф А.А. Справочник по физике. Гос. издат. физ-мат. лит., 1963.

Automation of feeding of individual flounders
into the dressing machine

V.N.Degtyarev and
V.G.Karius

S u m m a r y

Various cases of the movement of flounder on the concave surface have been considered. A conclusion is drawn as to the possibility of designing a device for feeding individual fish into the fish dressing machine.

Le passage des plies sur la surface concave
et leur séparation pour le débitage par pièce

V.N.Degtiarev,
V.F.Karius

R é s u m é

L'article examine des variantes du passage des plies sur la surface concave. Les auteurs concluent qu'il existe la possibilité de construire une installation pour le débitage des poissons par pièce dans la machine de découpage.