

НОЖ МЯСОРУБКИ

(учебный пример, часть 1-я)

Владимир Герасимов
gerasimovvladimir@gmail.com
впервые опубликовано на сайте
<http://kojevnikova.ucoz.ru>

Цель работы – показать как усовершенствовать **нож мясорубки**, используя Алгоритм объединения альтернативных технических систем (2010 г.) [1].

1. Исходная ситуация.

Описать исходную ситуацию. Указать объект анализа и привести его краткую характеристику.

Даже поверхностное знакомство с объектом анализа показывает, что у него существует много модификаций. Так кроме ножей с четырьмя лезвиями (рис.1), встречаются, хотя и реже, трех- и двухлезвийные. Отличаются ножи и материалом – раньше их делали из высокоуглеродистой инструментальной стали, а в последнее время чаще используют более мягкую нержавеющей сталь. Способ производства тоже бывает разным – литье, горячая или холодная штамповка, фрезеровка.

В этом учебном примере рассмотрена только **форма режущих лезвий** ножей.



Рис. 1. Ножи разных мясорубок

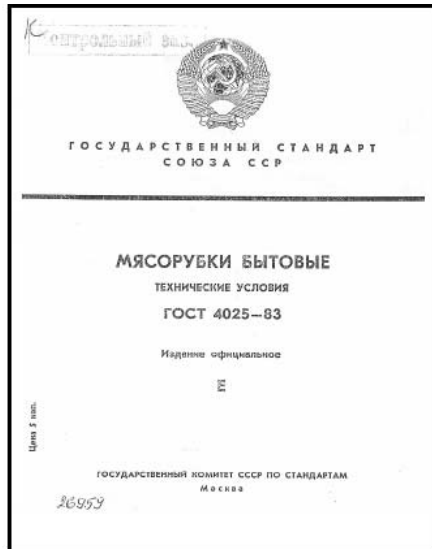


Рис. 2. Ручная мясорубка, ГОСТ 4025-83

Нож мясорубки по ГОСТ 4025-95 [2], действующему в настоящее время, по форме ничем не отличается от ножа мясорубки, выпущенной в 1983 году (рис. 2 и 3) и совсем мало отличается от ножа, известного еще в далеком 1883 году (рис. 4).

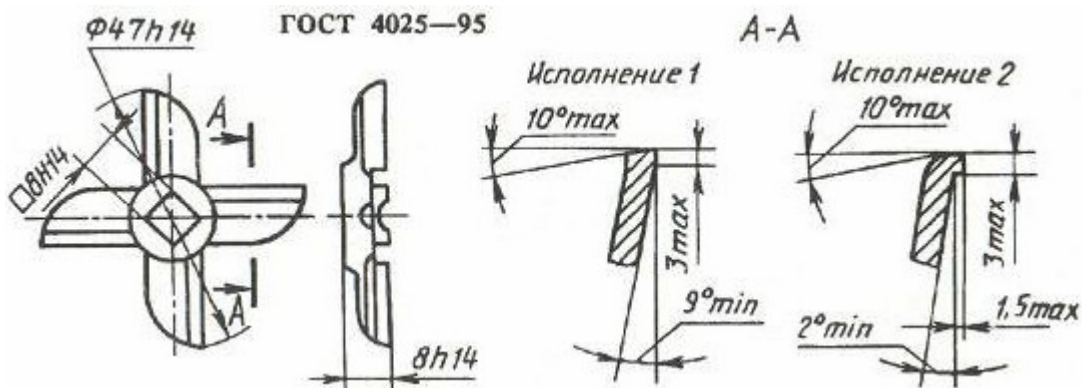


Рис. 3. Стандартный нож ручной мясорубки

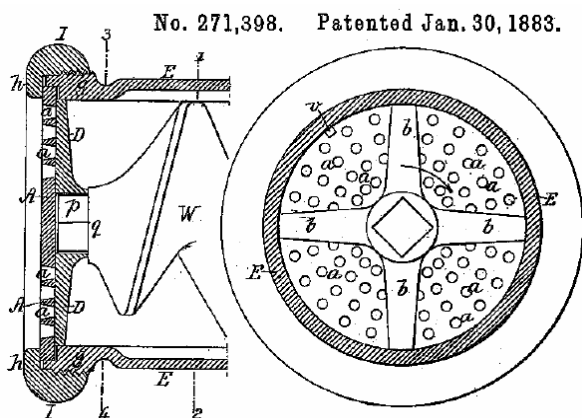


Рис. 4. Нож ручной мясорубки по патенту США № 271,398 [3]

На рис. 5 показаны три режима резания продукта. Вариант а) наиболее производительный, т.к. лезвие кухонного ножа одновременно перемещается перпендикулярно продукту и протягивается (скользит) вдоль него; вариант с) требует больших энергетических затрат. В свое время человечество именно поэтому перешло от меча к сабле, как более эффективному холодному оружию.

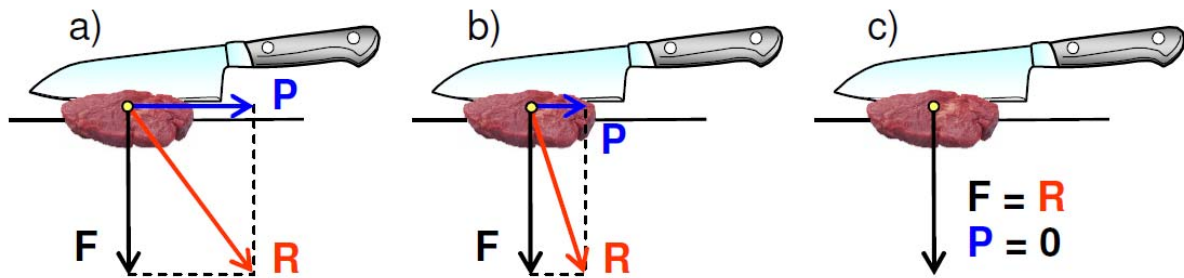


Рис. 5. Резание: а) с сильным скольжением ножа; б) со слабым скольжением; с) без продольного скольжения ножа

На рис. 6 (показано стрелкой А) режущая кромка стандартного ножа сдвинута вперед относительно вертикальной осевой линии; нож при этом режет со скольжением. Но из-за того, что это скольжение небольшое, а, кроме того, на периферии еще и снижается (вектор $P1$ меньше вектора $P2$), эффективность резания этого ножа невысока.

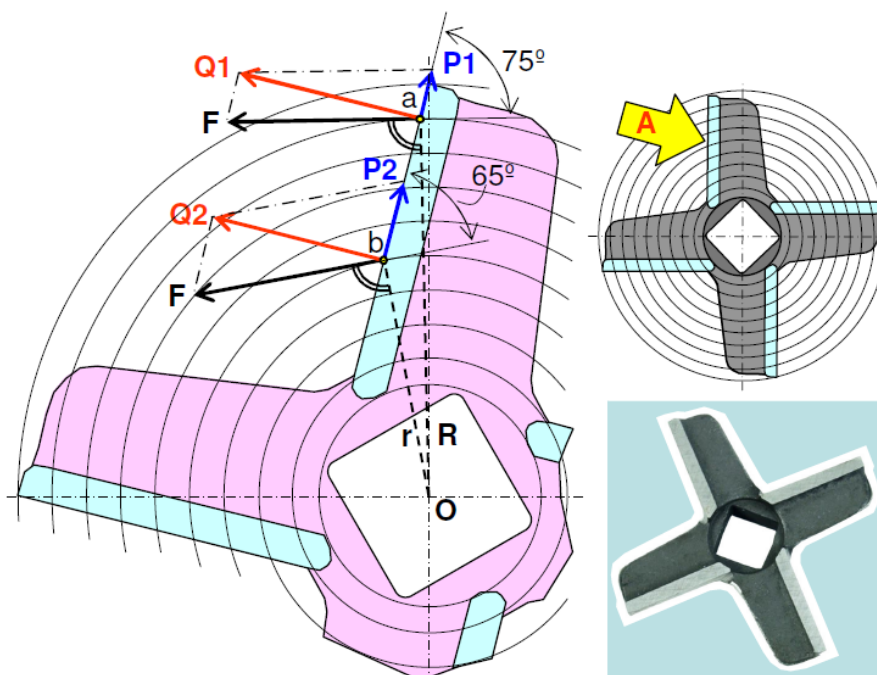


Рис. 6. Нож ручной мясорубки по ГОСТ 4025



Рис. 7. Электромясорубки фирм Braun и Panasonic

В импортных мясорубках (рис. 7) применяются “саблевидные” ножи. У них режущая кромка сильно сдвинута вперед от вертикали (рис. 8 и 9; показано стрелками В и С). Благодаря большому скольжению режут такие ножи хорошо.

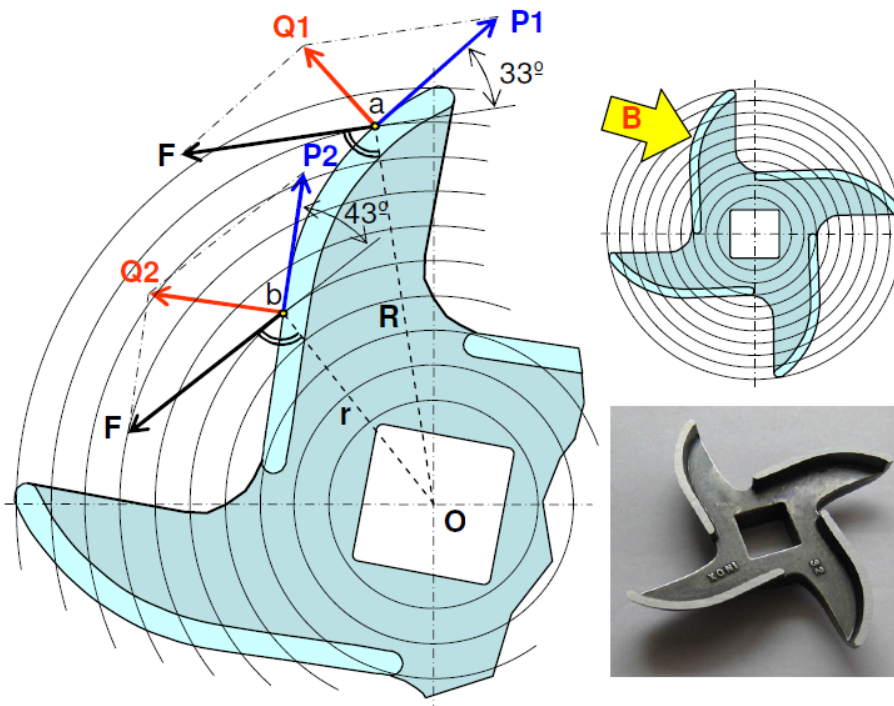


Рис. 8. Нож к электромясорубке (вариант 1)

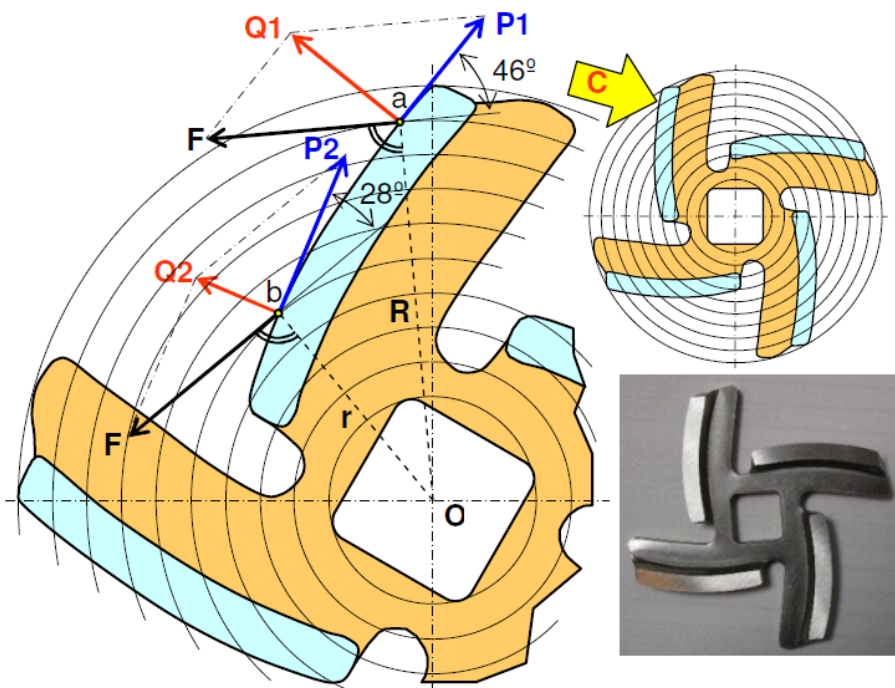


Рис. 9. Нож к электромясорубке (вариант 2)

На предприятиях общественного питания и в малых колбасных цехах применяются мясорубки с высокой производительностью (рис. 10).



Рис. 10. Мясорубки МИМ-300 и МИМ-600 (Беларусь)

Нож к мясорубке МИМ-600 (до 600 кг фарша в час) показан на рис 11. Форма его режущей кромки не очень сильно отличается от стандартного ножа (рис. 3 и 6).

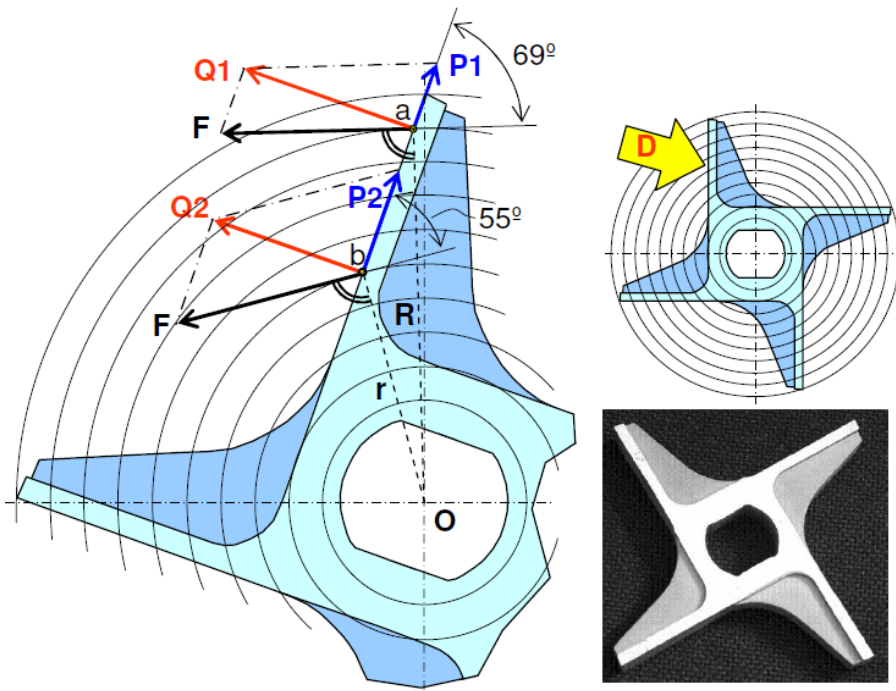


Рис. 11. Нож к мясорубке МИМ-600 (вариант 1)

Профили режущих кромок перечисленных выше ножей (рис. 6, 8, 9, 11) показаны вместе на рис. 12. Все эти ножи режут со скольжением, только в одних случаях оно больше (К, L), а в других меньше (М, N).

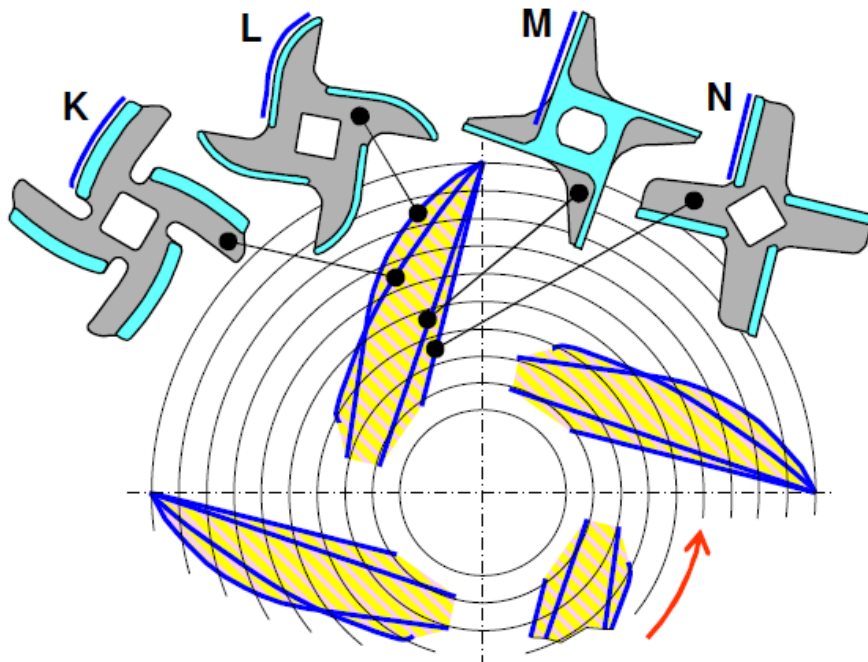


Рис. 12. Форма режущей кромки у разных ножей

Профили у всех лезвий выполнены так, что по мере удаления от оси вращения к периферии величина скольжения меняется, а при этом меняются также и условия

резания. Чтобы устранить этот недостаток, достаточно чисто геометрически построить кривую, у которой по всей длине угол между векторами **F** и **P** будет оставаться постоянным. Два варианта таких гипотетических профилей для углов 30° и 60° показаны на рис. 13. В обоих случаях векторы **P1** и **P2** равны друг другу.

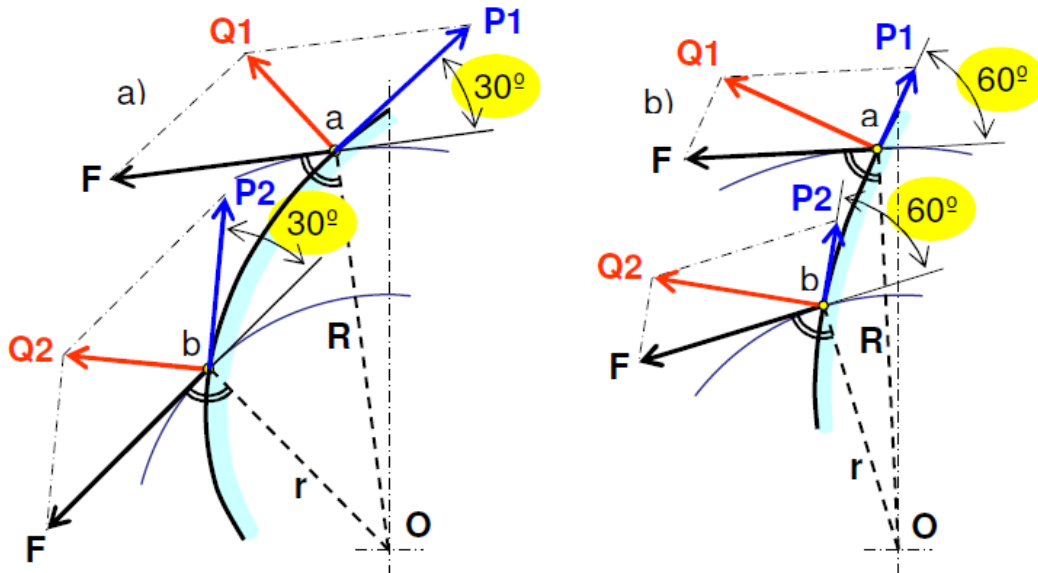


Рис. 13. Гипотетические профили режущих кромок

На рис. 14 видно, что поверхность, в пределах которой расположены **реальные** профили режущих кромок ножей по форме практически совпадает с поверхностью, ограниченной **гипотетическими** профилями, показанными на рис. 13. Поэтому именно их можно использовать при проектировании **оптимального ножа**.

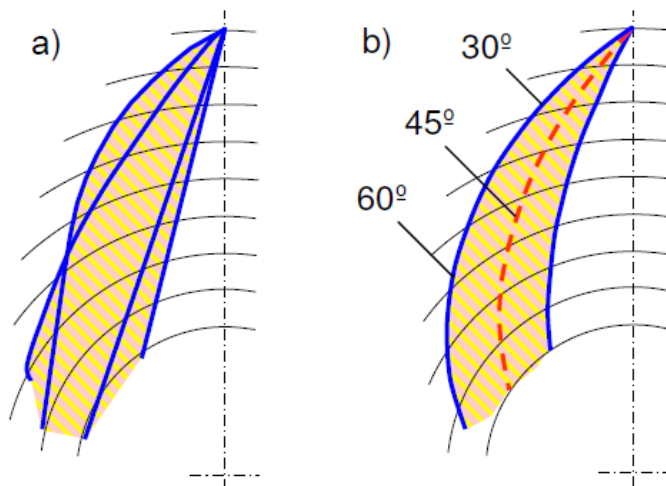


Рис. 14. Профили режущих кромок ножей: а) реальные; б) гипотетические

Ранее было показано (рис. 5), что чем больше скольжение у кухонного ножа, тем эффективнее он режет. Казалось бы, что и мясорубочный нож должен иметь форму, при которой скольжение будет максимальным. Но это не так, приходится учитывать, что “саблевидный” нож действует как шпатель, вмазывающий измельчаемый продукт в

корпус перед решеткой. За короткое время, 10-15 минут, образуется плотное кольцо, сильно сужающее проходное сечение корпуса. Так при ширине этого кольца всего в 5 мм (рис. 15) площадь сечения уменьшается на 40%, причем именно в периферийной, самой эффективной зоне резания).

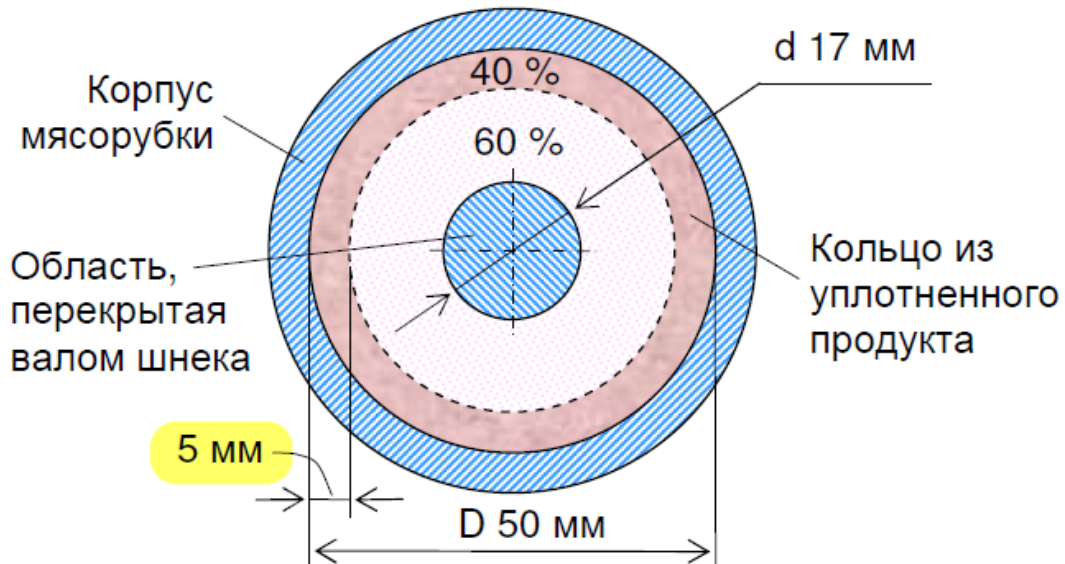


Рис. 15. Уменьшение проходного сечения корпуса перед решеткой

Чтобы уменьшить этот недостаток, приходится уменьшать “сабельность” ножа, ухудшая при этом его режущие свойства. На рис. 16 показан **компромиссный вариант ножа**, который неплохо режет и не очень сильно перемещает продукт.

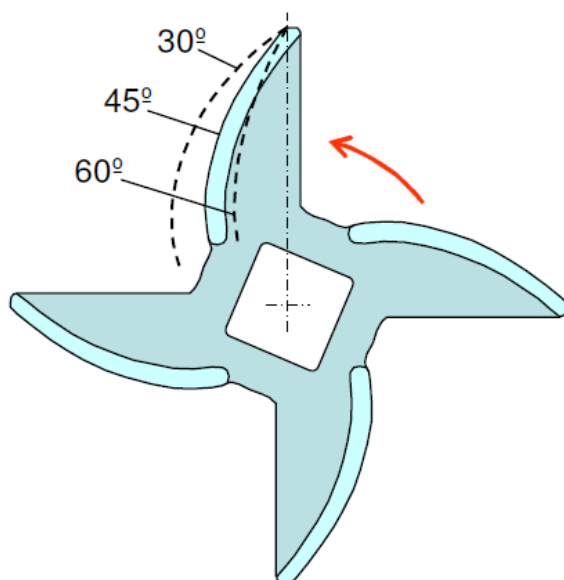


Рис. 16. Нож мясорубки оптимальной формы

2. Проблемы объекта анализа.

- Отметить недостаток объекта, который нужно устранить. Если недостатков несколько, отметить каждый в отдельности.
- Для каждого отмеченного недостатка подобрать связанное с ним достоинство объекта и описать эту пару в виде технического противоречия.
- Указать ограничения на изменения объекта – ничего вообще нельзя менять; менять можно, но только частично; можно менять все и т.д.
- **Главный недостаток** ножа оптимальной формы в том, что он хотя и не очень сильно, но все же толкает продукт на периферию. Поэтому корпус перед решеткой рано или поздно “зарастает”, производительность снижается, мясорубку приходится разбирать и чистить. С этим еще как-то можно мириться в бытовых мясорубках, когда перемалывают ограниченное количество продукта, но для мясорубок, выдающих сотни килограммов фарша в час (рис. 10), ситуация становится неприемлемой.
- То, что нож имеет явно выраженную “саблевидную” форму является одновременно его несомненным **достоинством**, так как такой нож хорошо режет. **Техническое противоречие**: если нож “саблевидный”, то он хорошо режет продукт (+), но при этом перемещает продукт на периферию (что, в свою очередь, приводит к уменьшению проходного сечения корпуса и постепенно снижает производительность мясорубки) (–).
- При сохранении существующей технологии изготовления ножей и способа их заточки **ограничений на изменение формы режущих лезвий нет**.

3. Главная функция объекта анализа.

Привести предварительную формулировку главной функции объекта, затем, если это необходимо, уточнить ее, применяя правила ФСА [1, Приложение].

Предварительная формулировка функции ножа, которая представляется правильной: F – “**Резать продукт** (мясо, рыбу, овощи и т.д.)”. Проверим корректность этой формулировки [1, Приложение, п. 3.2.3.9]: *Проверить возможность самостоятельного выполнения объектом сформулированной функции (критерием подтверждения такой возможности является наличие в объекте хотя бы одного элемента, участвующего в выполнении функции).*

1. Нож. F1 (предварительная формулировка) – “**Резать продукт**”.

У ножа есть элемент – **режущая кромка** (их в ноже четыре), который выполняет эту функцию, поэтому уточнять формулировку не нужно. Функцию “**Резать продукт**” выполняет также решетка, второй элемент режущей пары.

Необходимо полностью исключить отталкивание продукта лезвиями ножа (т.е. перемещение продукта вдоль лезвий на периферию).

4. Альтернативная система.

4.1. Подобрать в пару к исходному объекту альтернативную систему.

Альтернативная система – это объект с той же главной функцией, что и исходный объект, но не имеющий его недостатков (именно это является главным преимуществом альтернативной системы).

Где взять альтернативную систему? В зависимости от обстоятельств, следует:

- воспользоваться единственной реально существующей системой, например, взять исходный объект на более раннем этапе его развития;
- выбрать одну из нескольких реально существующих конкурирующих систем (т.е. систем, предназначенных для выполнения тех же целей);
- скомпоновать собирательный образ (“сборный прототип”) из нескольких реально существующих конкурирующих систем;
- предложить гипотетическую систему (такую, которой по факту нет, но в принципе понятно, как ее сделать);
- придумать фантастическую систему (такую, которую невозможно сделать без нарушения известных законов природы).

Известен нож мясорубки, у которого нет недостатка базового объекта – **он не перемещает продукт** при вращении. Режущие кромки в этом ноже совпадают с осями координат (рис. 17; показано стрелкой Е), и какого бы то ни было сдвига продукта вдоль лезвий нет. Этот нож (назовем его “ножом с радиальными лезвиями”) полностью соответствует определению “Альтернативная система”.

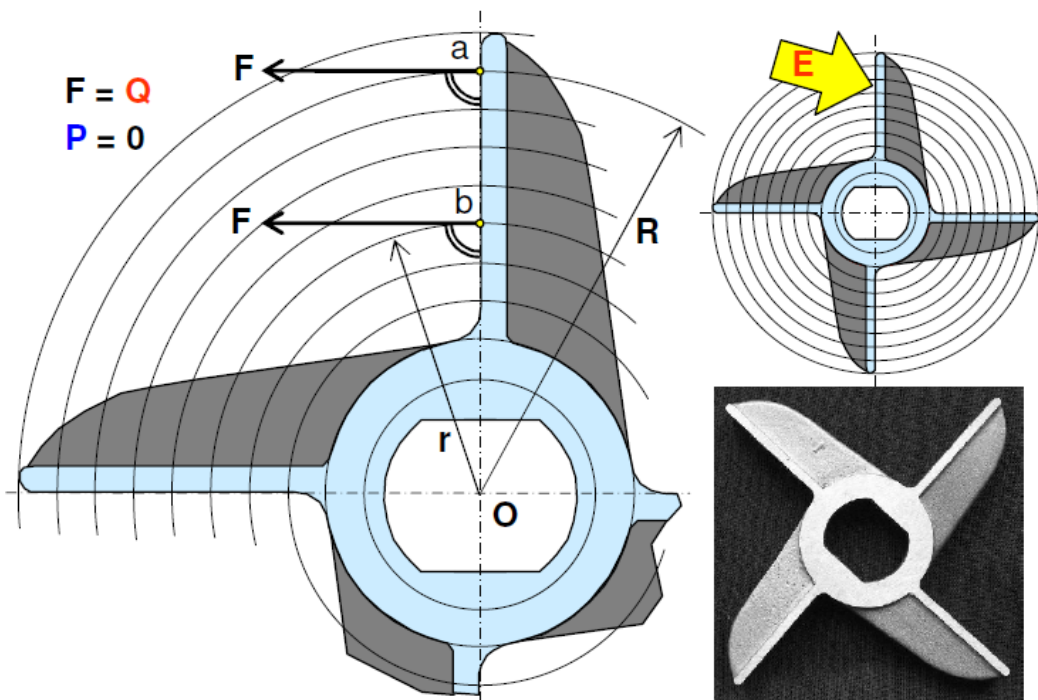


Рис. 17. Нож к мясорубке МИМ-600 (вариант 2)

4.2. Отметить недостатки альтернативной системы.

Недостатком этого ножа является то, что он режет хуже, чем “саблевидный”. По сути, он не столько режет, сколько передавливает частички продукта, которые шнек внедрил в отверстия решетки. Однако бороться с этим недостатком мы не будем, а отметим его только для возможности составить “Альтернативную пару” (рис. 18).

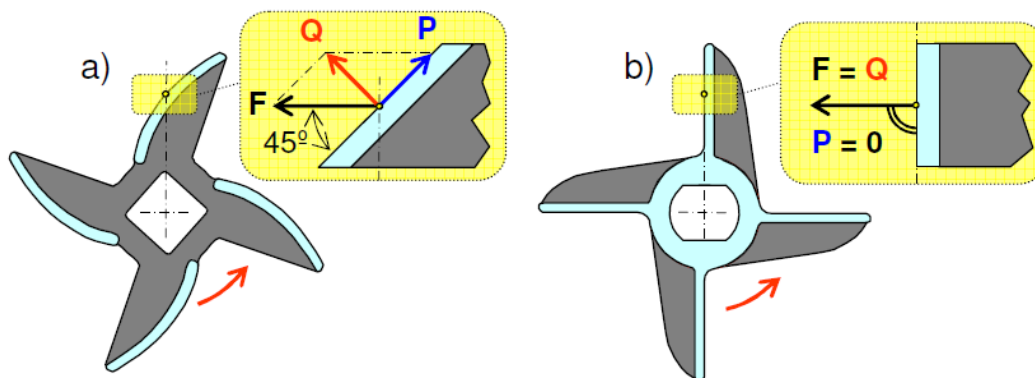


Рис. 18. Альтернативная пара

5. Базовая система.

Из двух элементов альтернативной пары следует выбрать базовую систему, руководствуясь следующими соображениями:

- как правило, следует взять более простую и дешевую систему с ухудшенным функционированием;

- в случае, когда обе системы по стоимости примерно равны, а отличаются только особенностями функционирования, в качестве базовой следует рассмотреть по очереди каждую из них.

Оба выбранных ножа по стоимости примерно равны, и оба имеют свои достоинства, которые нужно сложить. В этом случае вопрос – какая именно система будет базовой? – особой роли не играет. Примем для начала, что это “саблевидный” нож, но потом проверим, для порядка, и второй вариант.

6. Альтернативное противоречие.

Альтернативное противоречие формулируют сразу для двух систем – базовой и альтернативной. При сравнении достоинств и недостатков систем следует:

- привести полную формулировку альтернативного противоречия по типу технического противоречия (ТП):
 - (АТП1) Если система реализована в виде (указать название базовой системы), то ее достоинством является (указать), но при этом имеется недостаток (указать).
 - (АТП2) Если система реализована в виде (указать название альтернативной системы), то ее достоинством является (указать устраненный недостаток базовой системы), но при этом имеется недостаток (указать).
- привести полную формулировку альтернативного противоречия по типу физического противоречия (ФП):
 - (АФП1) Система должна быть реализована в виде (указать название базовой системы), чтобы обладать достоинством (указать), и
 - (АФП2) система должна быть реализована в виде (указать название альтернативной системы), чтобы обладать достоинством (указать).
- привести краткую формулировку альтернативного обостренного противоречия:
 - (АОП1) Система должна быть реализована в виде (указать название базовой системы) и
 - (АОП2) эта же система должна быть реализована в виде (указать название альтернативной системы).
- Отметить возможные способы разрешения противоречия (в пространстве, во времени, системным переходом).
- **Альтернативное противоречие по типу ТП.**
 - (АТП1) Если нож “саблевидный”, то он хорошо режет продукт (+), но перемещает его на периферию (–).
 - (АТП2) Если нож с “радиальными” лезвиями, то он при работе продукт не перемещает (+), но режет хуже, чем “саблевидный” (–).

- **Альтернативное противоречие по типу ФП.**
(АФП1) Нож мясорубки должен быть “саблевидным” (косым), чтобы хорошо резать продукт (+), и
(АФП2) нож должен быть “радиальным” (прямым), чтобы не перемещать продукт (+).
- Краткая формулировка **альтернативного обостренного противоречия.**
(АОП1) Нож мясорубки должен быть косым (+), и
(АОП2) этот же нож должен быть прямым (+).
- Разрешать противоречие следует в **пространстве**, т.к. **хорошо резать и не перемещать** продукт нож должен в течение всего времени работы.

7. Задача.

Чтобы правильно сформулировать изобретательскую задачу, следует объединить достоинства базовой и альтернативной систем.

Нож мясорубки **должен быть “саблевидным”** (косым), но при этом он **не должен перемещать продукт** на периферию.

8. Перенос ресурсов.

- Отметить те достоинства базовой системы, которые должны быть сохранены в конечном варианте предложения.
- Указать “оперативную зону” базовой системы, т.е. то место, в котором ее функционирование должно быть улучшено.
- Перечислить те элементы альтернативной системы, которые необходимо перенести в оперативную зону базовой системы, и отметить каким именно полезным свойством обладают эти элементы.
- Указать “оперативное время”, в течение которого необходимо и достаточно улучшить функционирование базовой системы.
- Главным достоинством “саблевидного” ножа является сильный **наклон режущего лезвия** (в нашем случае под углом 45°), что позволяет ему резать со скольжением, т.е. более эффективно. Это свойство должно сохраниться.
- Оперативная зона ножа: **режущая кромка** на каждом из четырех лезвий.
- Переносить необходимо **радиальные (прямые) режущие кромки** всех четырех лезвий, т.к. они **не перемещают продукт** при работе ножа.
- Оперативное время: **все время работы ножа.**

9. Портрет ответа.

- Перечислить вместе (сложить) положительные ресурсы обеих систем.
(Внимание! Первый результат сложения может показаться неудачным. Однако, работу следует продолжить, т.к. нужное для решения задачи свойство часто проявляется не сразу).
- Минимизировать привнесенные из альтернативной системы ресурсы, т.е., по возможности, постепенно уменьшить их количество вплоть до нуля.
- Выявить в базовой системе те элементы, которые могут быть использованы для полной или частичной замены привнесенных извне элементов.
- Желательно нарисовать схематический рисунок по схеме: $БС + МРАС = ПО$ (где: БС – базовая система, МРАС – минимизированные ресурсы из альтернативной системы, ПО – графический образ “портрета ответа”).
- Первый шаг сложения ресурсов показан на рис. 19.

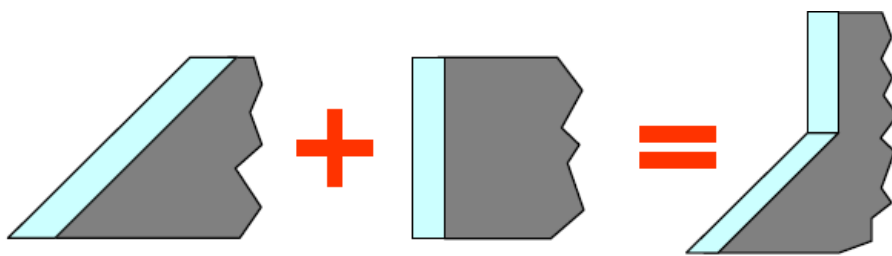


Рис. 19. Сложение ресурсов

Кажется, что такое лезвие будет резать хуже, чем “чисто сабельное”, а перемещать продукт на периферию при этом – точно так же. Однако, в соответствии с рекомендацией алгоритма, продолжим работу.

- Для минимизации ресурсов постепенно укоротим прямые участки ножа. При этом происходит **переход количества в качество**: пока на лезвии только два элемента, нож толкает продукт на периферию, а когда элементов **несколько**, образуются зубцы, которые удерживают продукт (рис. 20).

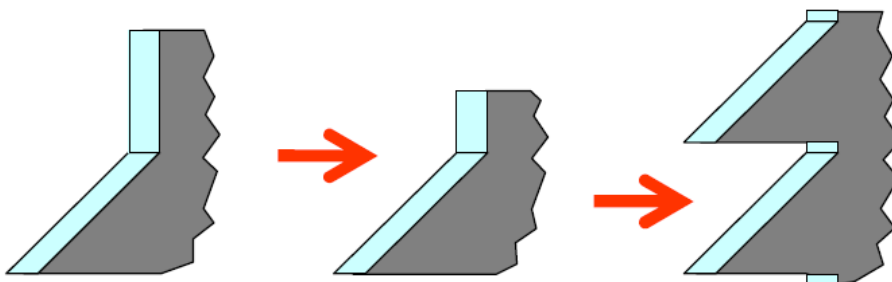


Рис. 20. Минимизация привнесенных ресурсов

- Привнесенные элементы (прямые участки) сыграли в ноже свою роль и теперь их можно убрать полностью (рис. 21).

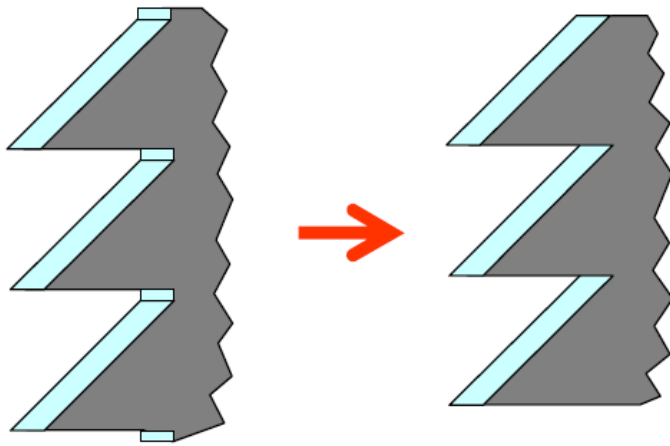


Рис. 21. Формирование портрета ответа

* * *

Проверим, что получится, если в качестве базовой системы выбрать нож с “радиальными” лезвиями. В этом случае минимизация привнесенных ресурсов не дает никаких преимуществ (рис. 22). В конечном итоге мы получаем “чисто радиальное” лезвие, которое продукт не перемещает, но режет его неважно.

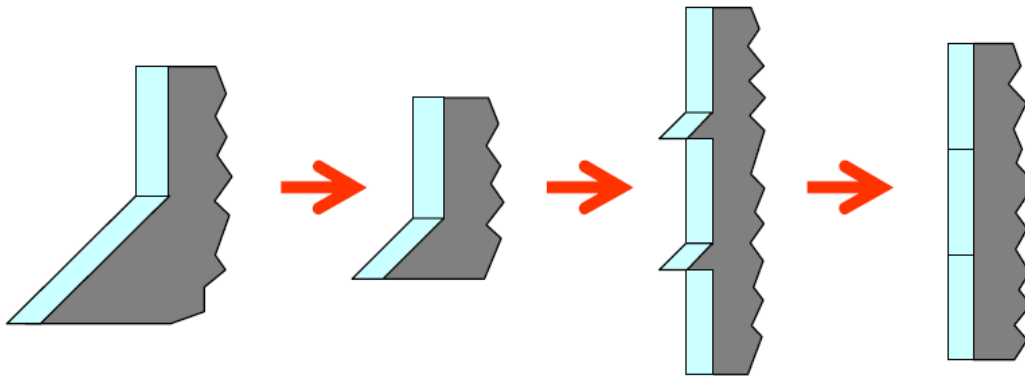


Рис. 22. Портрет ответа при смене базовой системы

* * *

10. Техническое решение.

- Описать реальное решение задачи.
- Ввести хотя бы грубую, прикидочную количественную оценку полученного решения («представить ответ в масштабе»).

- На рис. 23 показан зубчатый нож. Каждый его наклонный участок хорошо режет, а зубцы не дают перемещаться продукту вдоль лезвия.

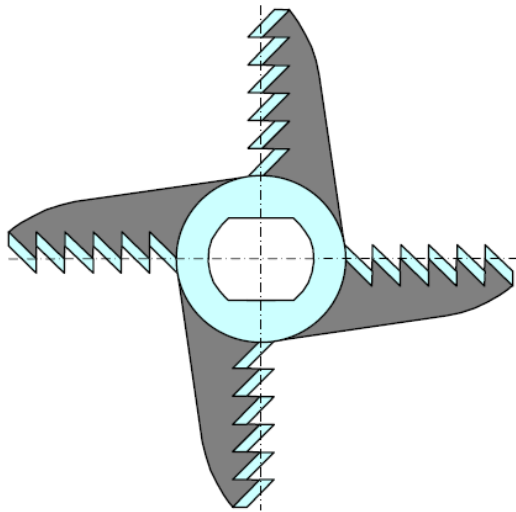


Рис. 23. Зубчатый нож

- Количество зубцов на лопастях ножа сейчас выбрано произвольно и его следует уточнить при проверке решения на практике.

11. Последствия от изменений в системе.

- Отметить положительные последствия в надсистеме.
- Указать недостатки, которые не удалось устранить при объединении альтернатив, либо те, которые возникли в результате этого объединения.
- **Преимуществом** является то, что нож такой формы одинаково хорошо годится для любых мясорубок – ручных, электрических и промышленных.
- У нового ножа есть **недостатки**: его будет сложнее изготовить, а режущие кромки труднее заточить. Хотя решение исходной задачи и получено, оно не такое хорошее, как хотелось бы.

* * *

Чтобы улучшить ответ, **выполним работу повторно**, подобрав нашему объекту анализа другую альтернативную систему с более подходящими ресурсами.

- **Объект анализа.** Напомню, что из нескольких прототипов (рис. 6, 8, 9, 11) был скомпонован “саблевидной” нож оптимальной формы (рис. 16), который хорошо режет продукт, однако **перемещает его на периферию**. Необходимо избавиться от этого недостатка.

- **Альтернативная система.** В качестве альтернативной системы был выбран нож с “радиальными” лезвиями (рис. 17), который режет несколько хуже, зато продукт не перемещает. Ответ, полученный с использованием ресурса этого ножа, приведен выше (рис. 23). Решение нас не устраивает, т.к. новый нож наверняка будет сложнее изготавливать и труднее затачивать.

Поиск в Интернете показал, что другие конструкции ножей, которые тоже не перемещают продукт (рис. 24), содержат точно такие же “радиальные” лезвия, т.е. ничем не отличаются от рассмотренного выше. **Вывод: нужно нам реального ножа нет и его придется придумать.**



Рис. 24. Ножи, которые не перемещают продукт вдоль лезвия

Уточним – а какой нож, собственно, нужен? Нас устроил бы такой, который перемещает продукт точно так же, как и “сабельный”, **но в противоположном направлении.** Тогда перемещение продукта вдоль лезвия в сторону вала можно компенсировать точно таким же перемещением продукта к периферии ножа. Другими словами, недостаток одного ножа можно компенсировать недостатком другого (т.е. применить изобретательский прием “**Обратить вред в пользу**”).

Гипотетический “серповидный” нож легко получить из “саблевидного” (рис. 16), сделав зеркальную копию режущих кромок последнего (рис. 25).

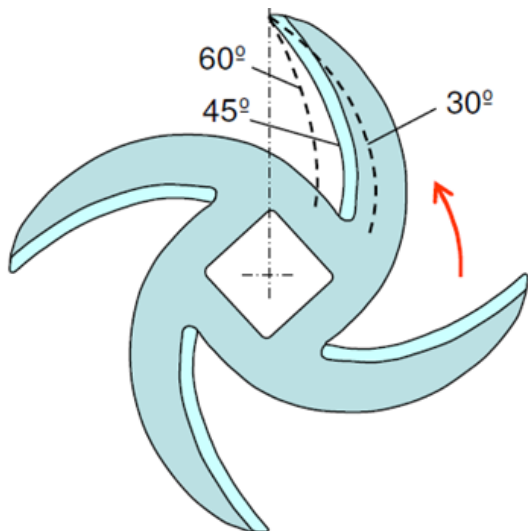


Рис. 25. “Серповидный” нож

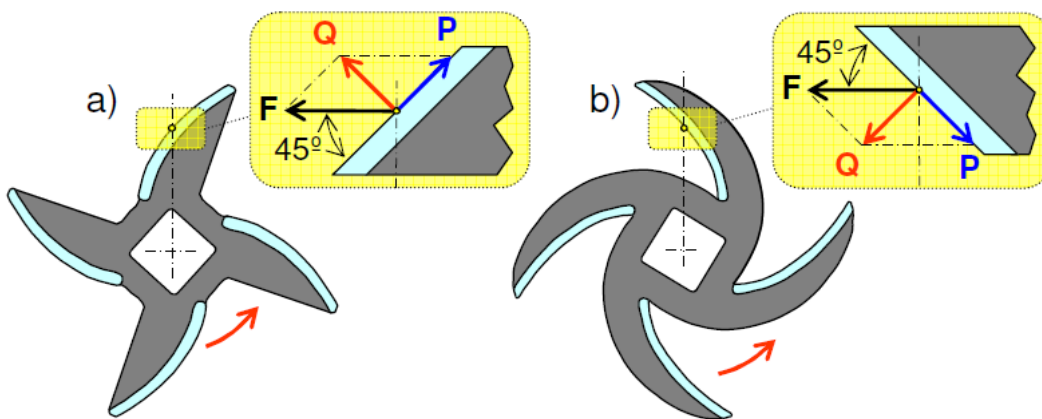


Рис. 26. Альтернативная пара (2-й вариант)

- **Базовая система.** Оба ножа по своим характеристикам идентичны – продукт режут одинаково, только перемещают его в разные стороны. Назначать в этом случае какую-то систему базовой нет необходимости.
- **Альтернативное противоречие.**
(АФП) Нож мясорубки должен быть “косым в одну сторону” (рис. 26, а), чтобы хорошо резать продукт (+), и
(АФП) этот же нож должен быть “косым в другую сторону” (рис. 26, b), чтобы компенсировать недостаток первого ножа (+).
 Или, если сказать короче:
(АОП) нож мясорубки должен быть косым и в одну (+), и
(АОП) в другую (+) сторону.
 Это противоречие следует разрешить в **пространстве**.
- **Задача.** Нож мясорубки должен быть косым (“саблевидным”), но при этом не должен перемещать продукт ни в каком направлении.

- **Перенос ресурсов.** Сильный **наклон режущих лезвий** (под углом 45°) первого ножа должен сохраниться, т.к. это позволяет ему хорошо резать. Переносить необходимо участки второго ножа, которые **наклонены под тем же углом, но в противоположную сторону**. Резать они будут точно так же, но при этом **в течение всего времени работы** будут компенсировать нежелательный сдвиг (перемещение) продукта вдоль лезвия
- **Портрет ответа.** Первый шаг сложения ресурсов показан на рис. 27.

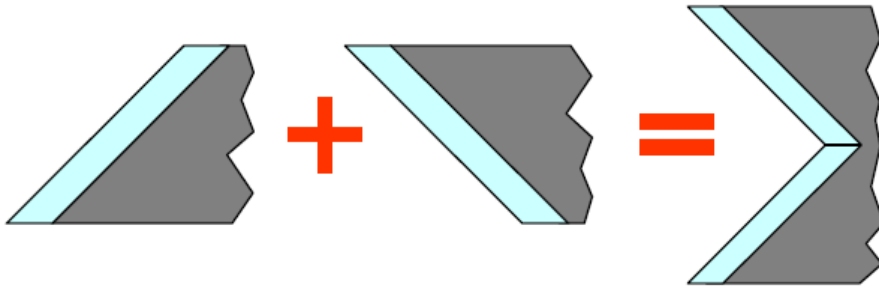


Рис. 27. Сложение ресурсов (2-й вариант)

- Косые участки обоих ножей полностью идентичны, поэтому не нужно ничего минимизировать. Очевидно, что их следует просто сложить “на равных” в одно целое (рис. 28).

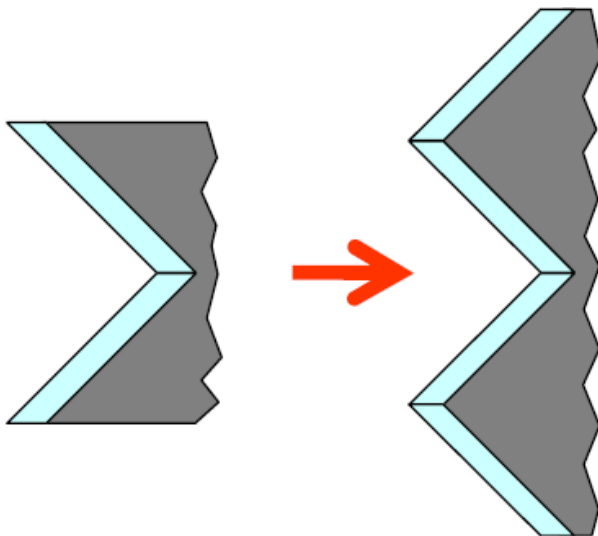


Рис. 28. Формирование портрета ответа

- **Техническое решение.**

На рис. 29 показан 2-й вариант зубчатого ножа. Все наклонные участки лезвий **хорошо режут**; при этом они перемещают продукт в противоположных направлениях. В итоге получается, что **нож активно удерживает продукт, не давая ему смещаться вдоль лезвий**.

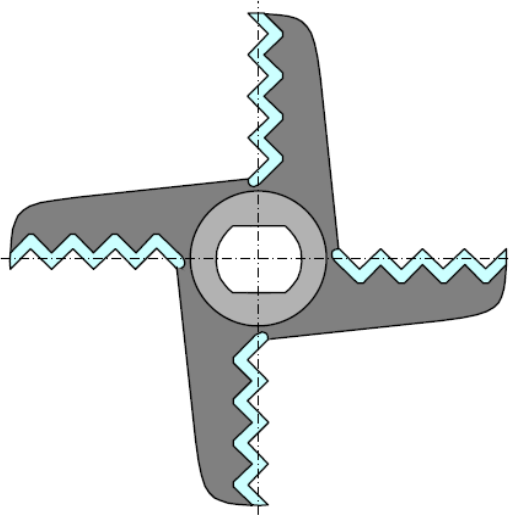


Рис. 29. Зубчатый нож (2-й вариант)

- Как и в предыдущем варианте зубчатого ножа, количество зубцов на лезвиях следует уточнить при проверке решения на практике. Угол между наклонными участками в этом ноже равен 90° . Целесообразно проверить в работе ножи с другими углами (при меньших углах нож будет резать лучше, но могут возникнуть проблемы с заточкой лезвий).
- **Последствия от изменений в системе. Преимуществом** ножа является **универсальность**. Он может хорошо резать продукт сколь угодно долго в любых мясорубках – ручных, электрических и промышленных.
- Из-за наличия острых зубцов на лезвиях ножа, процесс резания продукта должен заметно облегчиться. Это может оказаться особо ценным для больших промышленных мясорубок.
- Изготавливать такие ножи будет не сложнее тех, которые производятся в настоящее время (литье, горячая или холодная штамповка).
- Вполне возможно, что у такого ножа будет труднее затачивать режущую кромку на лезвиях. Если это подтвердится на практике, то имеет смысл поставить задачу по устранению этого недостатка.

(Напомню, что в начале работы была поставлена задача определить только профиль режущих лезвий (т.е. вид ножа сбоку). Эта задача решена. Как эти же лезвия должны выглядеть в поперечном сечении, предполагается рассмотреть в отдельном учебном примере).

Я благодарен своим коллегам В. Богораду, А. Захарову и Л. Кожевниковой за помощь в подготовке этой работы.

Рисунок Виктора Богорада



Источники информации:

[1] Герасимов В. Алгоритм объединения альтернативных технических систем. – 2010. – Деп. в ЧОУНБ 15.07.2010 № 3290.

[2] ГОСТ 4025-95 Мясорубки бытовые. Технические условия. – Введ. 1996-07-01. – М.: Изд-во стандартов, 1995. – 19 с.

[3] Patent US 271,398 Mechanism for Cutting Up Plastic or Yielding Substances (Dated January 30, 1883; Application filed December 1, 1882).

Август 2010 г.