

НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ РАСЧЕТА ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ПРОПАРОЧНЫХ КАМЕР В ПРОИЗВОДСТВЕ ГНУТОЙ МЕБЕЛИ

При скоростном гнутье древесины ($85, 8^\circ$ в секунду) и при переходе на более высокую, чем существующая, скорость гнутья (100° в секунду) производительность гнута́рного полуавтомата для круглых царг возрастает в среднем на 25% и составляет от 1000 до 1200 заготовок в смену, или от 2,190 до 2,628 м³.

Существующие на Майкопском мебельном комбинате пропарочные установки, состоящие из 5 специализированных камер, могут пропарить в смену в среднем 823 заготовки. Таким образом, пропарочные установки являются «узким местом», сдерживающим повышение производительности гнута́рных полуавтоматов и других гнута́рных станков.

Для выполнения обязательного условия

$$П_{\text{бат. смену}} = П_{\text{гн. ст. смену}}, \quad (1)$$

где: $П_{\text{бат. смену}}$ — производительность батареи пропарочных камер в смену в штуках заготовок или в м³ пропаренной древесины,

$П_{\text{гн. ст. смену}}$ — производительность гнута́рного станка в смену в штуках заготовок или в м³ пропаренной древесины, можно:

1) увеличить количество камер в батарее до 6—8, однако это связано с дополнительными капитальными затратами и с необходимостью иметь дополнительные производственные площади. Кроме этого, установка дополнительных камер в батарее ухудшает организацию рабочих мест гнута́рных станков, так как удаляет камеры по вертикали вверх до 1740 мм или вниз до 520 мм, а также по горизонтали от планшайбы станка, чем создает неудобства в работе и снижает производительность;

2) увеличение емкости камер за счет увеличения диаметра возможно в сравнительно небольших пределах—от 400 до 600 мм. Опыт показывает, что в пропарочных камерах диа-

метром 1000 мм и выше заготовки перепариваются и теряют наибольшую способность к гнутью, так как гнутарный станок не успевает обрабатывать большую закладку пропаренных заготовок. Лучшими являются металлические цилиндрические камеры, специализированные на пропаривание определенных мебельных заготовок (царг, колец, задних или передних ножек и др.) и составляющие батарею у определенных гнутарных станков (полуавтоматов для царг, колец и др.). Камеры смонтированы на металлических трубчатых ($\varnothing=60-70$ мм) или уголкообразных (сечением 50x75 мм) стойках или установлены в шахматном порядке в кирпичную стену. Загрузочные и выгрузочные дверцы камер расположены в разных концах, что дает возможность станку работать, не останавливаясь, при загрузке пустых камер.

Рассчитаем производительность пропарочных камер при скоростном гнутье древесины на полуавтомате для царг.

В гнутарном цехе Майкопского мебельного комбината у гнутарного полуавтомата установлена в кирпичной стене батарея из пяти цилиндрических металлических камер, имеющих диаметр 400 мм и длину 1800 мм.

Для расчета производительности этой батареи примем в качестве исходных данных следующие:

- 1) производится гнутье заготовок кавказского бука длиной 1560 мм и сечением 40x40 мм;
- 2) влажность заготовок для пропаривания 25% и температура 18—20°;
- 3) заготовки пропариваются отработанным насыщенным паром с давлением 0,1 атм, температурой 102°.

Расчет производительности батареи пропарочных камер производится при соблюдении условия, что пропаривание заготовок в камерах одной батареи, приданной гнутарному станку, производится непрерывно. Загрузка очередной камеры батареи производится независимо от пропаривания и выгрузки заготовок в остальных камерах.

Время пропаривания заготовок устанавливается в соответствии с технологическим режимом.

Продолжительность оборота одной камеры батареи будет зависеть от продолжительности основного рабочего процесса пропаривания древесины, а также от продолжительности загрузки и выгрузки. Продолжительность выгрузки зависит от производительности станка или рабочего места. Таким образом, получим следующую зависимость:

$$t_{об} = t_{зарг} + t_{п} + t_{выгр}$$

где: $t_{об}$ — продолжительность оборота камеры (в мин.),
 $t_{зарг}$ — продолжительность загрузки камеры (в мин.),
 $t_{п}$ — продолжительность пропаривания заготовок (в мин.),
 $t_{выгр}$ — продолжительность выгрузки камеры (в мин.).

Тогда производительность батареи пропарочных камер в смену в m^3 заготовок составит:

$$P_{\text{бат}} = \frac{480 \cdot V_k \cdot nK}{t_{\text{об}}} \text{ в смену (в } m^3), \quad (2)$$

где: $P_{\text{бат}}$ — производительность батареи за смену (в m^3),
 V_k — объем камеры (в m^3),
 n — число камер в батарее,
 K — коэффициент использования полезного объема камеры,
 $t_{\text{об}}$ — продолжительность оборота камеры (в мин.)

По производственным данным (Майкопский мебельный комбинат), коэффициент полезного использования объема камеры K при существующем способе укладки заготовок в камеру навалом для различных мебельных заготовок (передней и задней ножек, кольца, царги и др.) находится в пределах от 0,350 до 0,465.

При пропарке царг $K=0,383$.

Производительность батареи пропарочных камер в смену в заготовках выразится в следующем виде:

$$P_{\text{бат}} = \frac{480 \cdot V_k \cdot n \cdot K}{t_{\text{об}} \cdot V_{\text{загот}}} \text{ (за смену в заготовках),} \quad (3)$$

где $V_{\text{загот}}$ — объем заготовки (в m^3).

Определим сменную производительность батареи пропарочных камер у гнутающего полуавтомата для царг:

а) при существующем способе укладки заготовок в камеру без прокладок,

б) при укладке заготовок в камеру на прокладках.

Расчет произведем, используя существующие на Майкопском мебельном комбинате размеры камеры для пропаривания царг: длина $L_k = 1800$ мм и диаметр $D_k = 400$ мм. Тогда объем камеры $V_k = 0,2260 m^3$. Число камер в батарее $n=5$.

а) При укладке без прокладок

$$P_{\text{бат}} = \frac{480 \cdot V_k \cdot n \cdot K}{t_{\text{об}}} m^3 \text{ за смену; } V_k = 0,2260 m^3; n = 5;$$

$K = 0,383$ (при пропарке царг).

При этих значениях K и V_k полезная ёмкость одной камеры $V_{\text{п.е.к}} = 0,0876 m^3$, или 40 шт. заготовок, так как объем заготовки для круглой царги $V_{\text{загот}} = 0,002190 m^3$, $t_{\text{об}} = t_{\text{зarp}} + t_{\text{п}} + t_{\text{выгр}} = 5 + 90 + 20 = 115$ мин; $t_{\text{зarp}} = 5$ мин. (по хронометражным данным при укладке заготовок без прокладок); $t_{\text{п}} = 90$ мин. (оптимальная продолжительность пропаривания при укладке заготовок без прокладок—согласно проведенным автором опытам (рис. 1а) измерения темпера-

туры нагрева букowych заготовок при помощи термодары); $t_{\text{выгр}} = 20$ мин. (при скорости гнутья царг $85,8^\circ$ в секунду и средней выработке за смену 1000 заготовок на 1 гнутарный полуавтомат для гнутья царг).

Отсюда

$$P_{\text{бат}} = \frac{480 \cdot V_k \cdot n \cdot K}{t_{\text{об}}} = \frac{480 \cdot 0,2260 \cdot 5,0 \cdot 383}{115} = 1,80 \text{ м}^3,$$

или

$$P_{\text{бат}} = \frac{480 \cdot V_k \cdot n \cdot K}{t_{\text{об}} \cdot V_{\text{загот}}} = \frac{1,8}{0,002190} = 823 \text{ заготовки за смену.}$$

Для обеспечения существующей сменной производительности гнутарного полуавтомата для гнутья круглых царг при скоростном гнутье $85,8^\circ$ в секунду потребуется пропаренной древесины $2,19 \text{ м}^3$, или 1000 заготовок. Необеспечение пропаренной древесиной гнутарного полуавтомата в смену при данных условиях составляет $2,19 - 1,80 = 0,39 \text{ м}^3$, или $100 - 823 = 177$ заготовок, или станок не обеспечен заготовками в смену на $17,7\%$.

б) При укладке на прокладках

$K = 0,300$ —при этом полезная ёмкость одной камеры $V_{\text{п.е.к}} = 0,0679 \text{ м}^3$ (уменьшается по сравнению со случаем «а» на $0,0876 - 0,0678 = 0,0198 \text{ м}^3$, или на $22,6\%$, или в заготовках на 9 штук).

Продолжительность оборота камеры $t_{\text{об}}$ при этих условиях уменьшится по сравнению со случаем «а», хотя увеличивается продолжительность загрузки заготовок в камеру $t_{\text{загр}}$ до 10 мин. (для ускорения укладка производится двумя укладчиками), но снижается оптимальная продолжительность пропаривания заготовок $t_{\text{п}}$ до 45 минут (рис. 16) за счет более равномерного нагревания их при укладке на прокладках и уменьшается продолжительность выгрузки $t_{\text{выгр}}$ (так как количество заготовок уменьшилось на $22,6\%$) до 15 мин.

$t_{\text{об}} = t_{\text{загр}} + t_{\text{п}} + t_{\text{выгр}} = 10 + 45 + 15 = 70$ мин., т. е. снизилась по сравнению со случаем «а» со 115 мин. до 70 мин.—на 45 мин., или на $39,2\%$.

Производительность батареи камер при этом составит:

$$P_{\text{бат}} = \frac{480 \cdot V_k \cdot n \cdot K}{t_{\text{об}}} = \frac{480 \cdot 0,2260 \cdot 5 \cdot 0,300}{70} = 2,33 \text{ м}^3$$

в смену, или 1065 заготовок в смену.

При этих условиях сменная производительность батареи пропарочных камер в кубометрах увеличивается по сравнению со случаем «а» на $2,33 - 1,80 = 0,53 \text{ м}^3$, или на $29,5\%$, или в заготовках на 242 штуки.

Таким образом, при укладке заготовок на прокладках гнутарный полуавтомат будет полностью обеспечен в течение смены пропаренной древесиной без установки дополнительной камеры; при этом остается резерв заготовок в количестве 65 штук на перевыполнение выработки сверх установленного задания и на случай брака при гнутье. Кроме того, как показывают поставленные автором производственные наблюдения за процентом брака при гнутье, при втором (б) способе по сравнению с первым (а) снижается средний процент брака по гнутью с 7,7 до 2,4, или на 5,3, за счет улучшения гидро-термической обработки (равномерности нагрева) древесины.

Снижение брака позволяет сэкономить древесину и укомплектовать царгой дополнительные изделия народного потребления (мебель), изготовленные из сэкономленного сырья.

При переходе на более высокую, чем существующая, скорость гнутья 100° в секунду, выработка на один гнутарный полуавтомат для круглых царг возрастет до 1200 шт. При этой производительности гнутарного полуавтомата продолжительность выгрузки заготовок из пропарочной камеры сократится до 12 минут.

Продолжительность оборота камеры $t_{об}$ при этих условиях уменьшится до 67 минут, так как $t_{об} = t_{зар} + t_{п} + t_{выгр} = 45 + 10 + 12 = 67$ мин.

При этом производительность батареи камер составит:

$$P_{бат} = \frac{480 \cdot V_k \cdot n \cdot K}{t_{об}} = \frac{480 \cdot 0,2260 \cdot 5 \cdot 0,300}{67} = 2,44 \text{ м}^3,$$

или 1114 заготовок за смену.

Расчет показывает, что пропарочная батарея, состоящая из пяти камер, в данном случае не обеспечит загрузку гнутарного полуавтомата в течение смены. Для увеличения сменной производительности пропарочной батареи при повышенной скорости гнутья необходимо использовать камеры с диаметром свыше 400 мм. Более точно диаметр цилиндрической камеры в зависимости от сменной производительности гнутарного станка при той или иной скорости гнутья можно определить, исходя из следующей зависимости:

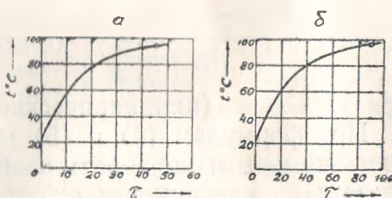


Рис. 1.

Изменение температуры заготовок (сечение 40×40 мм, с начальной влажностью 25%) кавказского бука в зависимости от времени пропаривания при температуре 102° (давление 0,1 атм);

$t^\circ\text{C}$ —температура;

τ —время нагрева (в мин);

а—укладка на прокладки с разрывами;

б—укладка навалом.

Согласно формулам (1) и (2),

$$П_{бат} = П_{гн.ст} = \frac{480 V_k \cdot n K}{t_{об}} \text{ за смену (в м}^3\text{)}.$$

Откуда:

$$V_k \cdot K = V_{п.е.к} = \frac{П_{гн.ст} \cdot t_{об}}{480 \cdot n} \text{ за смену (в м}^3\text{)}, \quad (4)$$

где $V_{п.е.к}$ — полезная емкость камеры (в м³).

$$\text{Объем камеры } V_k = \frac{V_{п.е.к}}{K} \text{ (в м}^3\text{); диаметр камеры } D_k =$$

$$= \sqrt{\frac{4V_k}{\pi \cdot L_k}} = \sqrt{0,708 V_k} \text{ м} \quad (5)$$

при $L_k = 1,8 \text{ м}$ (цилиндрические камеры для пропарки царг).

По формулам (4) и (5) можно рассчитать полезную емкость камеры и подобрать необходимый диаметр пропарочной камеры в зависимости от производительности гнутарного станка (зависящей от скорости гнутья), продолжительности оборота камеры в минутах и числа камер. По этим формулам можно решать и другие задачи, например определять продолжительность оборота камеры $t_{об}$ и число камер « n ».

Пример: при скорости гнутья древесины на гнутарном полуавтомате для царг $w=100^\circ$ в секунду производительность станка $П_{гн.ст} \cong 1200$ царг, или $П_{гн.ст} \cong 2,628 \text{ м}^3$ в смену; продолжительность оборота камеры $t_{об} = 67$ минут, коэффициент использования полезного объема камеры $K=0,300$ (при укладке царг на прокладках); число камер в батарее $p=5$. Подобрать необходимый диаметр пропарочной камеры.

1) Определяем необходимую полезную емкость камеры:

$$V_{п.е.к} = \frac{П_{гн.ст} \cdot t_{об}}{480 \cdot n} = \frac{2,628 \cdot 67}{480 \cdot 5} = 0,0735 \text{ м}^3.$$

2) Объем камеры

$$V_k = \frac{V_{п.е.к}}{K} = \frac{0,0735}{0,300} = 0,245 \text{ м}^3.$$

3) Диаметр камеры $D_k = \sqrt{0,708 \cdot V_k} = \sqrt{0,708 \cdot 0,245} = \sqrt{0,1735} = 0,417 \text{ м} = 417 \text{ мм}$. Принимаем $D_k = 420 \text{ мм}$ при $L_k = 1,8 \text{ м}$.

Как показывают опыты, для того чтобы воздушно-сухую заготовку влажностью 16—18% пропариванием насыщенным паром довести к моменту гнутья до необходимой влажности 30%, требуется не менее 3—4 часов, что экономически невыгодно (рис. 2).

Учитывая то важное обстоятельство, что скорость нагрева древесины при пропаривании ее насыщенным паром в несколько раз выше скорости увлажнения, рациональнее увлажнять воздушно-сухие заготовки кавказского бука до пропаривания. Это дает возможность:

- 1) избежать крайне нежелательного при гнутье перегрева древесины,
- 2) избежать излишнего перерасхода пара,
- 3) повысить производительность пропарочных установок за счет снижения продолжительности пропаривания.

При наличии на фабрике гнутой мебели трехмесячных переходящих запасов воздушно-сухой древесины влажностью 16—18% возникает необходимость применения комбинированного способа гидротермической обработки заготовок кавказского бука, заключающегося в предварительной обработке их в специальной камере кондиционирования или в проваривании в бассейнах для увлажнения до 30% при температуре воды 80—86°, а затем пропаривании в пропарочных камерах, расположенных у гнущих станков, для нагрева до температуры 100—102°. В этом случае должна быть организована немедленная загрузка проваренных заготовок в пропарочные камеры при температуре 80° (или даже при величине несколько ниже ее ввиду некоторого остывания), которая значительно сократит продолжительность их пропарки до 10—15 минут, так как температуру заготовки потребуется повысить только на 15—20°. Это возможно при условии:

1) расположения камер кондиционирования или проварочных бассейнов со стороны загрузки заготовок в пропарочные камеры с независимой загрузкой и выгрузкой;

2) применения механизированной загрузки (и выгрузки) при кондиционировании, проварке и пропарке с помощью гильз—тележек—контейнеров в виде решетчатых каркасов со стержнями—полками для укладки заготовок. Загрузка, выгрузка и транспортировка контейнеров должна производиться тельферами. Тогда при форсированной загрузке пропарочной камеры ($t_{\text{загр}}=3$ мин.) с использованием контейнеров с предварительной загрузкой, минимальной продолжительности выгрузки ($t_{\text{выгр}}=12$ мин.) и продолжительности пропаривания $t_{\text{п}}=15$ минут значительно сократится продолжительность оборота камеры.



Рис. 2.

Изменение влажности заготовок кавказского бука с влажностью до гидротермической обработки 16, 22 и 32% после пропаривания насыщенным паром (давление 0,1 ати, температура 102°); W — влажность (в %); τ — время (в часах).

$$t_{об} = t_{загр} + t_n + t_{выгр} = 3 + 15 + 12 = 30 \text{ мин.}$$

В этом случае производительность батареи из пяти пропарочных камер составит:

$$P_{бат} = \frac{480 \cdot V_k \cdot n \cdot K}{t_{об}} = \frac{480 \cdot 0,2260 \cdot 5 \cdot 0,300}{30} = 5,46 \text{ м}^3,$$

или 2490 заготовок за смену.

При батарее из трех пропарочных камер $P_{бат} = 3,27 \text{ м}^3$, или 1495 заготовок за смену.

Расчет показывает, что комбинированный способ обработки с использованием температуры нагрева заготовок при кондиционировании или проварке в процессе последующей пропарки позволяет с избытком обеспечить сменную потребность в пропаренных заготовках со стороны гнута́рного станка, переведенного на скоростной режим гнутья (100° в секунду), при наличии только четырех пропарочных камер (в том числе одна камера резервная).

Кривые нагрева (рис. 1) наглядно показывают причину значительного повышения сроков пропаривания заготовок при общепринятом способе укладки заготовок в пропарочную камеру навалом. Такой способ укладки представляет уплотненную закладку заготовок с закрытием у средних заготовок их боковых поверхностей для доступа пара. Теоретически при этом образуется брус значительной толщины. Так как существующий режим гидротермической обработки (пропарки насыщенным паром) характеризуется давлением 0,1 ати, то естественно, что время, потребное для нагрева этого бруса на оси до заданной температуры (100°), значительно увеличивается (с 45 до 90 мин.).

Основным способом гидротермической обработки мебельных заготовок кавказского и карпатского бука перед гнутьем является их пропаривание насыщенным паром при начальной влажности древесины 25—30%.

Для увеличения производительности пропарочных камер следует поставить эксперименты нагрева заготовок до температуры $110—130^\circ$ и изучить влияние повышенных температур на физико-механические свойства древесины, необходимые для бездефектного гнутья ее. Опыта нагрева заготовок перед гнутьем до указанных температур, свыше 102° , на фабриках не имеется.

В результате рассмотрения некоторых отдельных вопросов, связанных с расчетом производительности пропарочных камер в производстве гнутой мебели, нужно сделать следующие выводы.

1) Необходимо обеспечить **равномерный нагрев** заготовок в процессе их гидротермической обработки (пропаривания) пе-

ред гнутьем, что значительно ускорит её и улучшит качество пропаривания древесины. Для этого необходимо укладывать заготовки в специализированные пропарочные камеры не навалом, а на постоянные металлические стержни (диаметром 10 мм) вмонтированные внутри камер по высоте в 4 ряда как с загрузочного, так и с выгрузочного конца.

2) Основным способом гидротермической обработки заготовок перед гнутьем следует считать пропаривание их насыщенным паром при начальной влажности древесины 25—30% с нагревом до 102°. Необходимо изучить возможность применения повышенных температур нагрева заготовок до 130° с точки зрения способности древесины к бездефектному гнутью и повышения производительности пропарочных камер.

3) При наличии на предприятии трехмесячных переходящих технологических запасов воздушно-сухой древесины влажностью 16—18% возникает необходимость применения комбинированного способа гидротермической обработки заготовок перед скоростным гнутьем.

4) Для повышения производительности пропарочных установок в случае необходимости применения комбинированного способа гидротермической обработки необходимо механизировать загрузку, выгрузку и транспортировку заготовок на операциях кондиционирования, проваривания и пропаривания их.