

4. Гончаров Ю.В. Исследование экспериментальных методов определения коэффициента внешнего трения при прокатке / Ю.В.Гончаров, В.И.Прокофьев // Обработка металлов давлением: научные труды ДМетИ. – М.: Металлургия. – 1965. – Вып. XLIX. – С.238-254.
5. Василев Я.Д. Теорія позовжньої прокатки / Я.Д.Василев, О.А.Мінаєв. – Донецьк: УНІТЕХ, 2009. – 488с.
6. Курс прокатки / А.П.Чекмарев, А.Ф.Самарин, П.Т.Емельяненко, К.И.Бурцев. – Харьков: ОНТИ, 1936. – 371с.
7. Метц Н. Горячая прокатка и калибровка валков / Н.Метц. – М.: Металлургиздат, 1937. – 332с.

Надійшла до редколегії 10.10.2017.

УДК 675.05

КАМЕЛЬ Г.И., д.т.н., профессор  
ГАСИЛО Ю.А., к.т.н., доцент  
ИВЧЕНКО П.С., к.т.н., доцент  
ДЬЯЧЕНКО О.А., инженер

Днепропетровский государственный технический университет, г. Каменское

## **ВЫБОР ВИДА ПРОМЫШЛЕННОГО ТРАНСПОРТА ДЛЯ СЫРЬЯ ПРИ НЕПРЕРЫВНОЙ ВАРКЕ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ И ПОЛУЦЕЛЛЮЛОЗЫ В УКРАИНЕ**

**Введение.** В настоящее время состояние целлюлозно-бумажной промышленности (ЦБП) в Украине не соответствует потребностям ее экономики. По уровню использования картонно-бумажной продукции на душу населения Украина занимает одно из последних мест в Европе (приблизительно 18 кг), хотя среднемировое использование бумаги и картона составляет больше 50 кг на человека, западноевропейское – 197 кг, а в США – 343 кг. Производственные мощности ЦБП Украины загружены на 60%, в то же время приблизительно 50% картонно-бумажной продукции ввозится в Украину. Использование импортной целлюлозы повышает себестоимость продукции.

**Постановка задачи.** С целью дальнейшей стабилизации и постепенного наращивания работы ЦБП путем реализации «Концепции развития химической промышленности Украины до 2010 года», разработанной Министерством промышленной политики, к приоритетной относится освоение отечественной сырьевой базы и обеспечение ее комплексной переработкой [1].

В мировой ЦБП для получения целлюлозы используют хвойную и лиственную древесину (ель и березу). Отечественные сырьевые ресурсы не могут обеспечить потребность в целлюлозе для химической промышленности.

Поэтому для Украины актуальным является расширение сырьевой базы ЦБП за счет использования других видов сырья, в первую очередь однолетних растений. Разработка ресурсосберегающих технологий и получение целлюлозы из однолетних растений, товаров химической промышленности из отечественного сырья является важной научно-технической задачей [1, 2].

Целью работы является обоснование использования известных в мире нетрадиционных видов промышленного транспорта (ПТ) для непрерывной подачи древесного сырья в область варки, где осуществляется получение товарной целлюлозы или полуцеллюлозы, применительно к Украине.

**Результаты работы.** Одним из главных вопросов использования установки для изготовления целлюлозы или полуцеллюлозы является правильный выбор нетрадиционного промышленного транспорта.

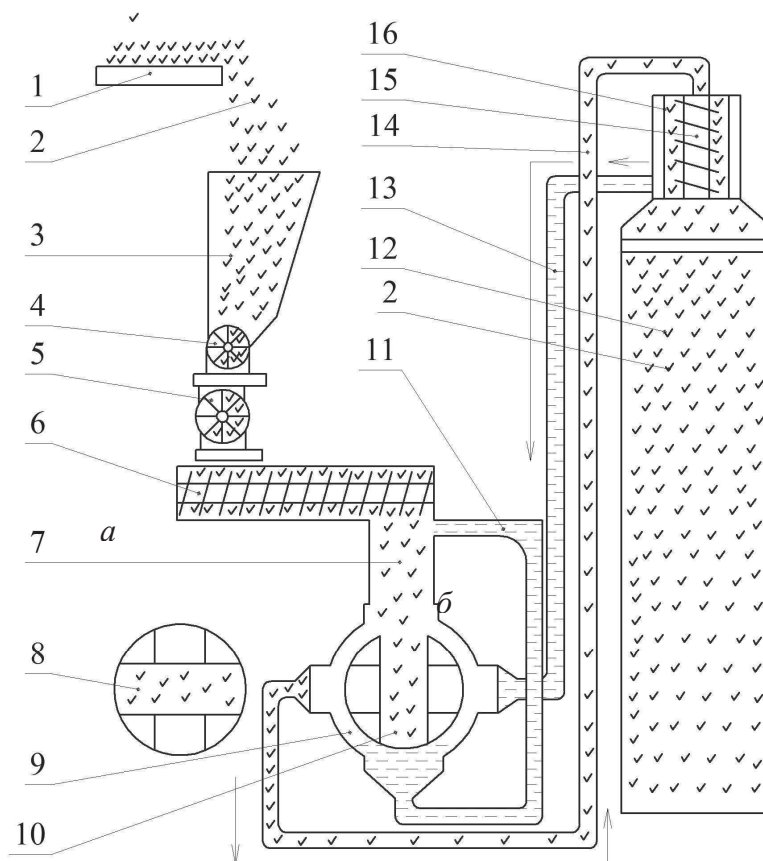
Промышленный транспорт связывает транспортирование щепы с производственным технологическим процессом варочного котла, обеспечивая его непрерывно в течение года щепой, щелочью и паром.

*Установки ПТ «Камюр».* Особую группу ПТ всей установки составляют работающие совместно с ними вспомогательные устройства: питатели низкого давления (ПНД), питатели высокого давления (ПВД), дозаторы, питательная труба, пропарочная камера, бункеры и др.

Высокопроизводительная работа современного варочного котла невозможна без непрерывной и надёжной работающей установки по загрузке щепы.

Условно всё механическое оборудование ПТ шведской фирмы «Камюр» можно разделить на пять блоков.

1-й блок – подготовка щепы (рис.1): 1 – ленточный конвейер, 3 – бункер, 4 – дозатор щепы, 5 – ПНД; 6 – пропарочная камера, 7 – питательная труба, 8 – карман ротора ПВД в горизонтальном положении; 9 – корпус ПВД; 10 – карман ротора ПВД в вертикальной плоскости;



11 – циркуляция щёлочи низкого давления; 12 – варочный котёл; 13 и 14 – циркуляция щёлочи высокого давления; 15 – шнек; 16 – отсос щёлочи из котла

Рисунок 1 – Структурная схема движения щепы и гидросмеси по сложной трассе установки ПТ «Камюр»

2-й блок – загрузка щепы во вращающиеся карманы ротора ПВД в вертикальной плоскости; формирование гидросмеси из щепы и щёлочи на участке *a* (рис.1); перемещение гидросмеси по участкам под действием инерционного потока щелочи насоса циркуляции низкого давления; повышение концентрации щепы в кармане ротора с 30% до 90% и рост давления в нём с 0,15 до 1,2 МПа на участке *б*.

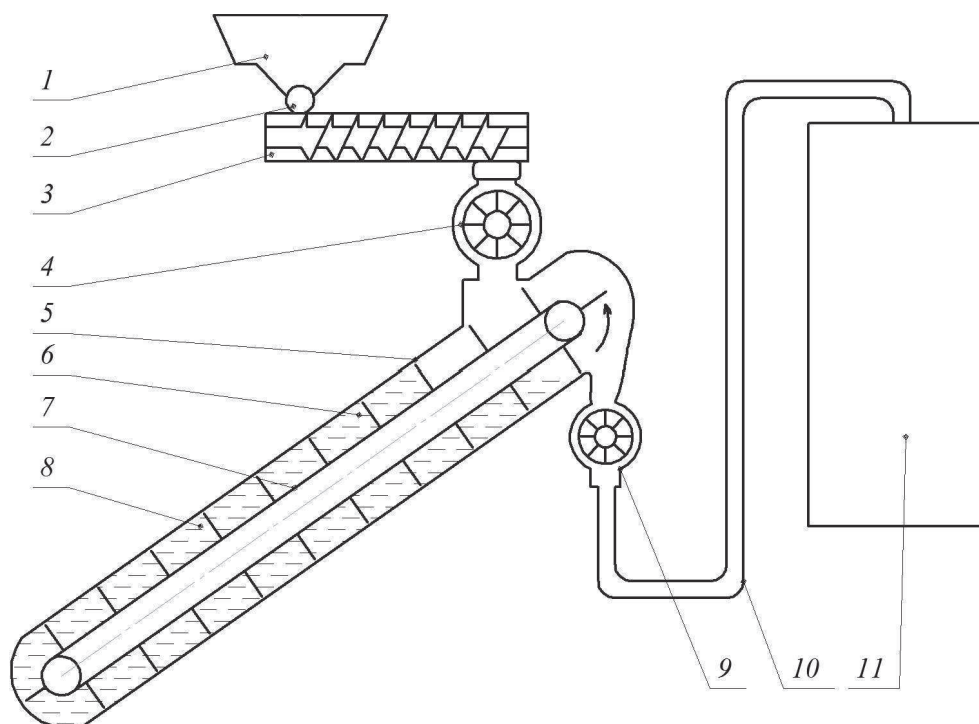
3-й блок – выталкивание щепы из карманов ротора и транспортировка гидросмеси в верхней части котла с последующим её разделением; выгрузка карманов ротора ПВД в горизонтальной плоскости; транспортировка гидросмеси по сложной трассе в варочном котле и отсасывание щёлочи с варочного котла в ПВД.

4-й блок – повышение давления в кармане ротора.

5-й блок – сброс давления в кармане ротора.

Установки ПТ типа «Бауэр» предназначена для получения полуцеллюлозы из хвойных, лиственных пород древесины и из опилок. Установки обладают высокой эффективностью и большой надёжностью.

Варочная система состоит из дозирующего расходомера, роторного питателя, варочной трубы и разгрузочного устройства. Упрощенная принципиальная схема аппарата «Бауэр» приведена на рис.2.



- 1 – бункер со щепой; 2 – дозатор щепы; 3 – пропарочная камера; 4 – входящий питатель;  
 5 – верхняя часть котла; 6 – котел; 7 – скребковый конвейер; 8 – щелочной раствор;  
 9 – выходящий питатель; 10 – трубопровод; 11 – выдувной резервуар

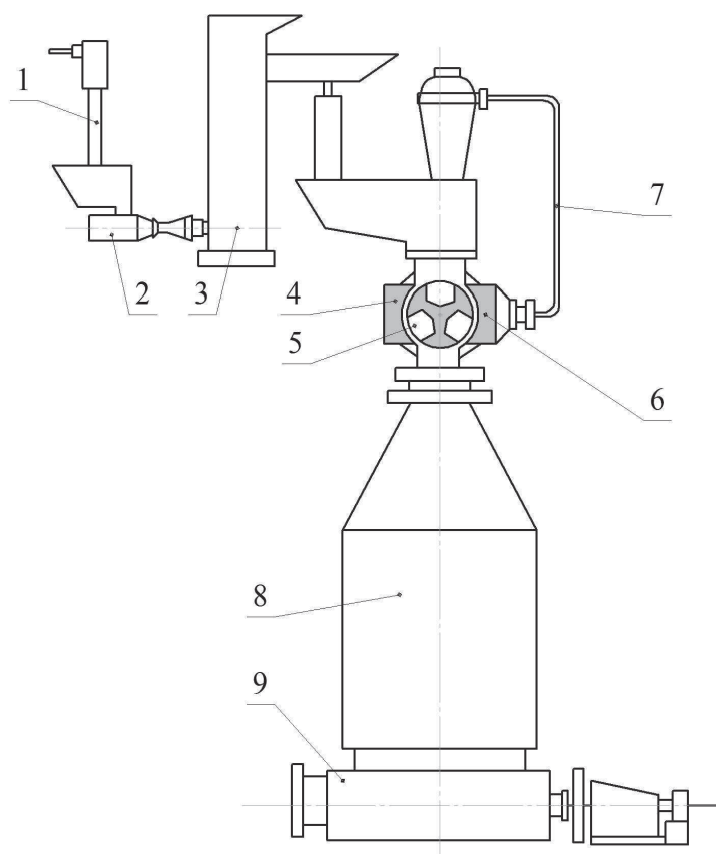
Рисунок 2 – Схема работы установки ПТ непрерывной варки типа «Бауэр»

Технологическая щепка из бункера 1 при помощи дозатора 2 поступает в пропарочную камеру 3. В ней щепка подогревается и пропаривается за счет паров вскипания щелочного раствора, отбираемого из варочного наклонного котла 6 через выходящий питатель 9. Шнеком щепка подается в верхнюю часть входящего питателя. С помощью десяти карманов вращающегося ротора щепка поступает в верхнюю часть 5 наклоненного под углом 45° к горизонту варочного аппарата. Варочный аппарат представляет со-

бой трубу диаметром 1500-1600 мм и длиной 10,7-18,1 м, устанавливаемую под углом 45° к горизонту. Внутри труба разделена в продольном направлении полой перегородкой на две равные полости, по которым движется скребковый конвейер 7 с полукруглыми скребками.

Установки ПТ типа «Дефибратор» применяются для производства полуцеллюлозы с высоким выходом – 75-82%. Последняя является основой гофрированного картона и целлюлозы высокого выхода (82-92%) для газетной и других бумаг. Установка «Дефибратор» (рис.3) включает пропарочный бункер 1, шнековый питатель 2, пропиточную камеру 3, вертикальный котел 8 объемом 7,5-15,0 м<sup>3</sup> и дефибратор 10.

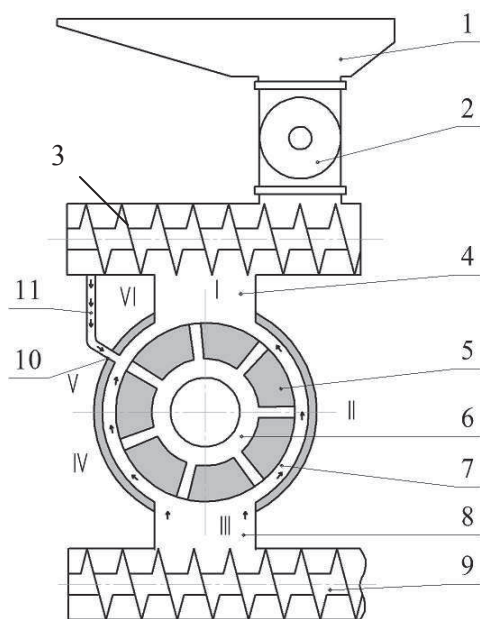
Технологическая щепа поступает в бункер 1, где щепа пропаривается, и далее шнековым питателем перемещается в пропарочной камере 3, где она соприкасается с варочным раствором. После нескольких минут пропарки и пропитки щепа готова к варке и с помощью роторного питателя 4 поступает в верхнюю часть варочного котла 8. При попадании в котел щепа соприкасается с острым паром, температура которого достигает 170-175°С, а давление – 1,2 МПа. Разгрузочное устройство состоит из горизонтальной трубы диаметром 0,45 м длиной 2,5 м, в которой вращается шнек. Варка производится в паровой фазе. В варочный аппарат подается острый пар. Разработаны установки производительностью от 100 до 175 т/сутки. В России три варочных установки фирмы «Дефибратор» производительностью 130 т/сутки эксплуатируются на Пермском ЦБК.



- 1 – пропарочный бункер; 2 – шнековый питатель; 3 – пропиточная камера; 4 – ротор;  
5 – уплотнительные блоки; 6 – прорезь в уплотнительном блоке для сброса  
давления пара; 7 – трубопровод; 8 – вертикальный варочный котел;  
9 – разгрузочное устройство; 10 – дефибратор

Рисунок 3 – Технологическая схема ПТ вертикального варочного аппарата «Дефибратор»

Установки ПТ японської фірми «Пандія». В многотрубних установках широке применение находить роторный питатель типа «Пандия». Он по конструкции проще и удобнее в эксплуатации. При загрузке щепя подвергается механическому воздействию. В процессе работы питателя в зоне перепада давления уплотнение достигается за счет создания минимального зазора 150-200 мкм между сопрягаемыми коническими поверхностями ротора и корпуса питателя «Пандия». В этих установках один питатель (рис.4) устанавливается между пропарочной и пропиточной трубами, где перепад давления составляет 0,45 МПа, и называется питателем низкого давления. Пар, проходящий через неплотности питателя, используется для пропитки щепы в пропарочной камере. Второй питатель устанавливается между пропиточной и первой варочной трубами, где перепад давления составляет 0,4-0,6 МПа, и называется питателем высокого давления. Здесь также пар, проходящий через неплотности питателя и первой варочной трубы, используется для подогрева щепы и щелочного раствора. Указанные питатели по всем параметрам одинаковы и рассчитаны на перепад давления 0,45-0,9 МПа.



- 1 – бункер; 2 – дозатор; 3 – пропарочная труба;  
 4 – загрузочное окно корпуса питателя;  
 5 – карман ротора; 6 – ротор; 7 – пропуски пара;  
 8 – загрузочное окно корпуса питателя;  
 9 – пропиточная труба; 10 – прорезь для сброса давления из карманов ротора;  
 11 – труба сброса давления;  
 I-VI – условия разбивки корпуса на характерные участки

Рисунок 4 – Технологическая схема ПТ загрузочного устройства аппарата «Пандия»

варочным щелочным раствором в загрузочное окно 4, и из него под действием собственного веса заполняет карманы 5 вращающегося ротора 6.

**Выводы.** Приведены основные типы промышленного транспорта установок шведской фирмы «Камюр», японской «Пандия», немецкой «Бауэр» и французской «Дефибратор», которые используются в мире, вырабатывая более 85% товаров целлюлозы и полуцеллюлозы, и которые могут быть использованы в Украине для переработки древесного сырья и отходов сельскохозяйственных однолетних растений.

Для Украины целесообразно использовать небольшие мобильные установки производительностью 20-30 т/сутки там, где имеются отходы древесного сырья и сельскохозяйственного производства (солома, тростник и т.д.) с учетом мнения ученых-

второй питатель устанавливается между пропиточной и первой варочной трубами, где перепад давления составляет 0,4-0,6 МПа, и называется питателем высокого давления. Здесь также пар, проходящий через неплотности питателя и первой варочной трубы, используется для подогрева щепы и щелочного раствора. Указанные питатели по всем параметрам одинаковы и рассчитаны на перепад давления 0,45-0,9 МПа.

Пар из питателя при помощи карманов ротора отводится штуцером через одну из прорезей в пропарочную трубу от питателя низкого давления и в пропарочную трубу – от питателя высокого давления. На рис.4 представлена схема загрузочного устройства аппарата «Пандия». Щепя из бункера 1 дозатором 2 подается в пропарочную трубу 3, где свежим паром низкого давления и пропусками пара 7 из пропарочной трубы 9 через питатель низкого давления пропаривается при давлении не выше 0,05 МПа и температуре 100°C в течение одной-трех минут. Пропаренная щепя перемещается

технологов кафедры «Экологии и технологии растительных полимеров» Киевского политехнического университета Украины «КПИ».

Исследованы условия эксплуатации и ремонта деталей и узлов нетрадиционного промышленного транспорта установок «Камюр», «Пандия», «Бауэр» и «Дефибратор», на которых из древесного сырья (хвойные и лиственные породы древесины), однолетних растений и опилок изготавливается целлюлоза и полуцеллюлоза, а также делается бумага, картон и товары химической промышленности.

Потребление картонно-бумажной продукции на душу населения в Украине в 3 раза меньше среднемирового, в 11 раз – западноевропейского и в 19 раз – американского. Поэтому важной научно-технической задачей Украины есть разработка ресурсосберегающих технологий получения целлюлозы и полуцеллюлозы из однолетних растений и получение товаров химической продукции из отечественного сырья.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Дейкун Н.М. Разработка технологии получения льняной целлюлозы для химической переработки: автореф. дис. на соискание науч. степени канд. тех. наук: 05.17.22 Технология и оборудование хим. переработки древесины / Н.М.Дейкун. – Киев, 2005. – 22с.
2. Камель Г.И. Роторные метатели установок непрерывной варки целлюлозы / Г.И.Камель. – М.: Лесная промышленность, 1987. – 160с.
3. Нечаев Г.Н. Повышение надежности и продуктивности загрузочного устройства непрерывной варки целлюлозы и полуцеллюлозы: монография / Г.Н.Нечаев, Г.И.Камель. – Луганск: Из-во СНУ им. В.Даля, 2005. – 392с.

*Поступила в редколлегию 18.10.2017.*

УДК 676.163.022

КАМЕЛЬ Г.И., д.т.н., профессор  
ИВЧЕНКО П.С., к.т.н., доцент  
ГАСИЛО Ю.А., к.т.н., доцент  
ДЬЯЧЕНКО О.А., инженер

Днепропетровский государственный технический университет, г. Каменское

### **ОСОБЕННОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ГИДРАВЛИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ПРОМЫШЛЕННОГО ТРАНСПОРТА УСТАНОВКИ «КАМЮР»**

**Введение.** В настоящее время в Украине на Херсонском, Измаильском и Жидачевском целлюлозно-бумажных комбинатах успешно работают установки промышленного транспорта (ПТ) непрерывной варки целлюлозы. Таких установок в России – 75, в США – 150, а в мире – более 500. Эти установки относятся к нетрадиционному виду транспорта, так как они осуществляют непрерывную загрузку варочного котла, находящегося под высоким давлением (1,2 МПа), в течение года с помощью щелочи (температура 150-180<sup>0</sup>). Промышленный транспорт представляет собой гидравлическую транспортно-загрузочную систему, которая должна обеспечивать непрерывную в течение одного года загрузку варочного котла древесной щепой. Любая остановка ПТ на несколько часов приводит к снижению качества целлюлозы и увеличению брака товарной целлюлозы.