

УДК 674.815 - 41.001

А.К. Воскресенский, А.И. Пожиток
(Московский лесотехнический
институт)

СИСТЕМА ИЗМЕРЕНИЯ ПАРОВАЗООВОГО ДАВЛЕНИЯ ВНУТРИ КАПИЛЛЯРНОПОРИСТЫХ ПРОНИЦАЕМЫХ МАТЕРИАЛОВ В УСЛОВИЯХ РАЗЛИЧНЫХ ГИДРОБАРОТЕРМИЧЕСКИХ ВОЗДЕЙ- СТВИЙ

В настоящее время существует множество разнообразных систем по экспериментальному определению давления газов в больших объемах. Однако практически отсутствуют системы по определению паровозового давления в капиллярнопористых телах с достаточной степенью точности. Это обусловлено тем, что давление паровозовой смеси действует в небольших по объему порах тела и, как правило, при незначительном расходе смеси.

При нестационарных процессах массопереноса и высокоинтенсивном нагревании, например, при прессовании древесных плит, аппаратура для измерения давления должна работать в динамическом режиме, т.е. подвижность ее рабочих частей должна быстро следовать за колебаниями регистрируемого давления. Подвижность зависит от инерции движущихся частей и возникающего при их движении трения. При несоответствии подвижности скорости изменения давления возникают амплитудные и фазовые искажения измерения. Это приводит к сглаживанию кривой давление-время или, наоборот, к усилению пиков и максимумов, поскольку регистрируемая кривая представляется как результат сложения вынужденных колебаний с собственными колебаниями системы.

При измерении давления паровозовой смеси во избежание конденсации пара в зоне (подводящем капилляре) и датчике, с целью уменьшения погрешности их приходится термостатировать при температуре, заведомо большей температуры конденсации.

В работе [1] рассмотрены основные особенности измерения паровозового давления в капиллярнопористых телах, приводятся

характеристики методов измерений, указываются их основные недостатки и достоинства. Однако авторы при расчете быстродействия приборов не учитывают гидродинамическое сопротивление подводящих зондов и проницаемости исследуемого материала. Это может привести к неправильному выбору конструкции измерительной системы, а, следовательно, к неправильным результатам эксперимента.

Таким образом, метод измерения парогазового давления в капиллярнопористом теле должен удовлетворять следующим требованиям: минимальный измерительный объем и минимальное его изменение, малая инерция движущихся частей, возможность измерения давления при относительно высокой температуре и в непосредственной близости датчика от точки замера, возможность регистрации и записи быстроменяющихся давлений в нескольких точках, высокая чувствительность и точность, возможность не вносить существенные изменения в исследуемую картину теплопереноса.

Предлагаемая система основана на использовании малогабаритных датчиков давления (МДД), принципиальная схема которых показана на рис. 1.

Измеряемое давление передается газом по капилляру 1 внутрь чувствительной мембраны 2. Под действием внутреннего парогазового давления мембрана 2 претерпевает упругие деформации, переходящие в поступательное движение штока 11. Шток 11, соединенный подвижно с рычагом 9, заставляет рычаг 9 поворачиваться вокруг оси 10. Скользящий контакт 8, жестко закрепленный на рычаге 9, перемещается вдоль катушки 6, на которой намотан виток к витку молибденовый провод прямоугольного сечения с полированной поверхностью. На клеммы 3 и 4 подается стабилизированное постоянное напряжение, и конкретное положение контакта 8, определяемое измеряемым давлением, будет соответствовать конкретному напряжению на клеммах 3 и 5. Для того, чтобы колебания внешнего атмосферного давления не влияли на показания датчика, вся измерительная часть помещена в герметичный корпус 7, из которого предварительно откачан воздух.

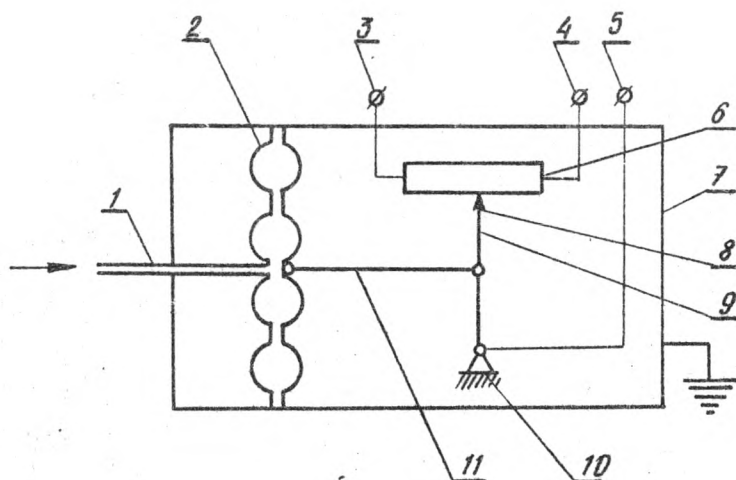


Рис. 1. Принципиальная схема МДД:

I - входной капилляр; 2 - чувствительная мембрана; 3, 4, 5 - электрические клеммы; 6 - катушка с молибденовым проводом; 7 - герметичный корпус; 8 - скользящий контакт; 9 - рычаг; 10 - ось вращения рычага; 11 - шток

Общая принципиальная схема системы измерения парогазового давления показана на рис. 2.

Измеряемое парогазовое давление передается из исследуемого капиллярнопористого тела 1 капиллярами 2 МДД 11, помещенными в термостат, состоящий из нагревателя 3, термосопротивления 10, теплоизоляции 4 в корпусе 5 и регулирующего устройства 9. Регулирующее устройство 9 регулирует мощность нагревателя 3 в зависимости от показаний термометра сопротивления 10 (марки ТСП-755) и заранее настраивается так, чтобы температура МДД была заведомо выше температуры насыщения парогазовой смеси, но оставалась постоянной в процессе измерения. На вход МДД 11 от стабилизированного источника постоянного тока 6 подается стабилизированное напряжение, а показав-

Электронный архив УГЛТУ

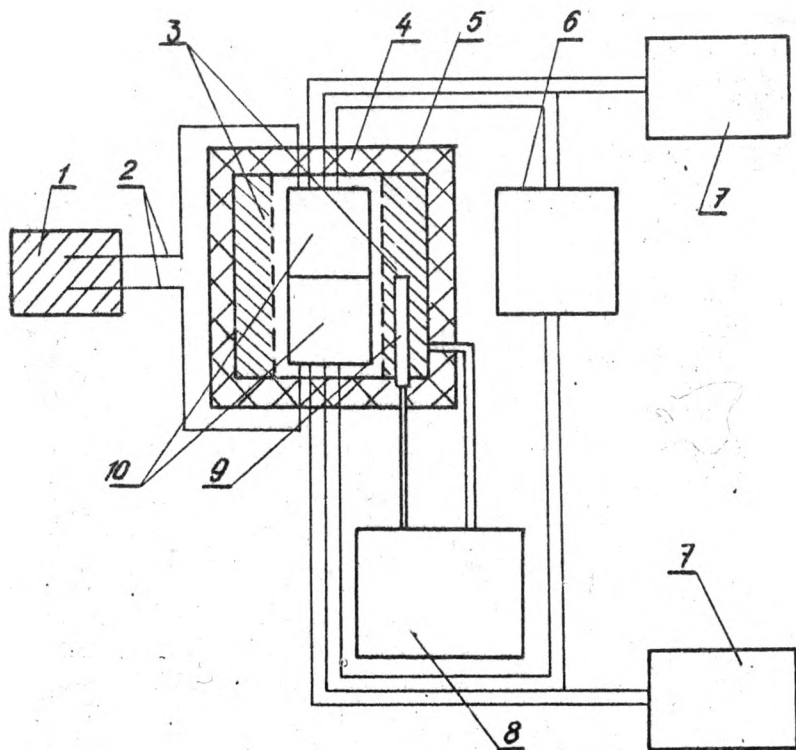


Рис.2. Принципиальная схема системы измерения парогазового давления:

- 1 - капиллярнопористое тело (объект исследования);
- 2 - подводящие капилляры в теплоизоляции; 3 - нагреватель; 4 - теплоизоляция термостата; 5 - корпус термостата; 6 - источник стабилизированного постоянного напряжения; 7 - регистрирующие устройства; 8 - регулирующее устройство; 9 - термометр сопротивления; 10 - МДД

ния МДД регистрируются устройством 7. Для конкретного процесса выбирается соответствующие регистрирующие устройства в ва-

Электронный архив УГЛТУ

висимости от требуемой точности, быстродействия и т.п. Заметим, что постоянство температуры МДД, обеспечиваемое устройством термостата, необходимо для постоянства характеристик МДД в процессе эксперимента.

При реализации системы для исследования парогазового давления в древесностружечном пакете в процессе прессования подводящие капилляры 2 были выполнены из нержавеющей стали с наружным диаметром $6 \cdot 10^{-4}$ м и внутренним - $4 \cdot 10^{-4}$ м. В качестве нагревателя термостата 3 использовалась вольфрамовая спираль диаметром $5 \cdot 10^{-4}$ м. Теплоизоляция 4 выполнена из асбеста, а корпус 5 - из нержавеющей стали. Малогабаритные датчики давления типа МДД-100-2500 помещались в бронзовую гильзу с вмонтированной спиралью нагревателя 3. Регулирующим устройством является блок катарометра от хроматографа ЛХМ-8МД. В качестве источника стабилизированного постоянного напряжения использовался БП591-99 (стабилизирующее напряжение - 3В) а в качестве регистрирующего устройства - КСП-4 (модификации 41.150.90.909.1с).

Для определения измерения парогазового давления необходимо рассмотреть ряд возможных погрешностей: погрешности, связанные с измерительным объемом системы и проницаемостью ДСП; погрешности с определением пространственных координат; погрешности с определением времени; погрешности приборов и устройств, входящих в систему. Суммарная погрешность системы равна

$$\delta_y = \sqrt{\delta_1^2 + \delta_2^2 + \delta_3^2}.$$

Пусть δ_1 - относительная погрешность, возникающая за счет нестабильности напряжения; δ_2 - относительная погрешность, связанная с наличием скользящего контакта катушки, штока, рычага и мембраны в МДД; δ_3 - погрешность регистрирующего устройства. Заметим, что в выражение не входят погрешности, характеризующие термостат и вспомогательные устройства для поддержания постоянной температуры, так как колебания температуры термостата не превышали 0,5 К, а, следовательно, ошибка в измерениях при таких колебаниях температуры практических незначительна, ибо линейные увеличения устройств рычагов МДД не превышают при этом 10^{-4} - 10^{-6} %.

Электронный архив УГЛТУ

Поскольку в созданной системе (согласно паспортным данным измерительной аппаратуры) $\delta_1^y = 0,5\%$; $\delta_2^y = 0,3\%$; $\delta_3^u = 0,5\%$, то $\delta^y = 3,1\%$.

Закон сохранения массы в условиях фильтрации можно записать в следующем виде

$$\frac{1}{4} \pi d^2 K \Delta p \tau = \frac{p V K}{RT},$$

где d - внутренний диаметр отборочного капилляра;

τ - время, за которое показания МДД будут отличаться не более, чем на Δp от истинного значения парового давления p ;

K - коэффициент фильтрации древесностружечной плиты ($K \approx 10^{-6}$ с [2]);

V - измерительный объем системы (включая зонд-капилляр), ($V \approx 2 \cdot 10^{-7}$ м³).

Из уравнения следует, что время установления системы в положение, соответствующее погрешности 3% из начального состояния составит примерно

$$\tau = \frac{2 \cdot 10^{-7} \cdot 18 \cdot 4 \cdot 10^2 \cdot 0,33}{8 \cdot 314 \cdot 450 \cdot 3,14 \cdot 4 \cdot 10^{-4} \cdot 10^{-6}} = 0,1 \text{ с.}$$

Погрешность по пространственной координате не превышает внутреннего диаметра капилляра ($4 \cdot 10^{-4}$ м).

Итак, погрешность системы не превышает по относительной погрешности 3,1%; по пространственной координате $4 \cdot 10^{-4}$ м; во времени - 0,1 с. Система тарировалась гелием. Принципиальная схема системы тарировки изображена на рис. 3. Из балона 7 сжатый гелий через понижающие редукторы 6 и 5 подается в успокоительный резервуар 3. Давление гелия в успокоительном резервуаре регистрировалось измерительной системой 1, подлежащей тарировке, и образцовым манометром 4.

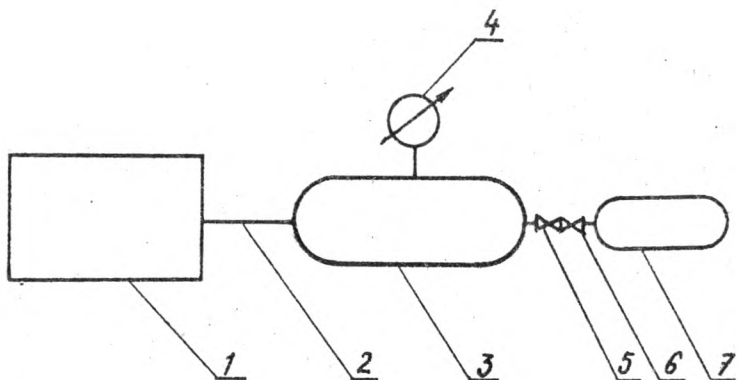


Рис. 3. Принципиальная схема системы тарировки:

1 - система измерения парогазового давления внутри капиллярнопористых проницаемых материалов, подлежащая тарировке; 2 - подводный капилляр; 3 - успокоительный резервуар; 4 - образцовый манометр; 5 - редуктор низкого давления; 6 - редуктор высокого давления; 7 - балон со сжатым гелием.

Поскольку погрешность образцового манометра составляет 0,25 %, а погрешность системы - 3,1 %, то погрешность тарировочных кривых составляет

$$\delta_{\text{тор}} = \sqrt{0,25^2 + 3,1^2} = 3,1\%.$$

Тарировочные кривые показаны на рис. 4. Тарировочные кривые можно аппроксимировать следующими зависимостями: для входа I - $p = 0,06 + 1,5V$; для входа II - $p = 0,12 + 1,5V$, где $[P] = \text{атм}$; $[V] = \text{В}$. Как видно из рис. 4, для разных МДД тарировочные кривые будут разными. Поэтому в случае замены МДД (при выходе МДД из строя, либо изменении диапазона измерения) необходима повторная тарировка. В описанной системе два входа. Рабочий диапазон для них 100 - 2300 мм рт.ст.

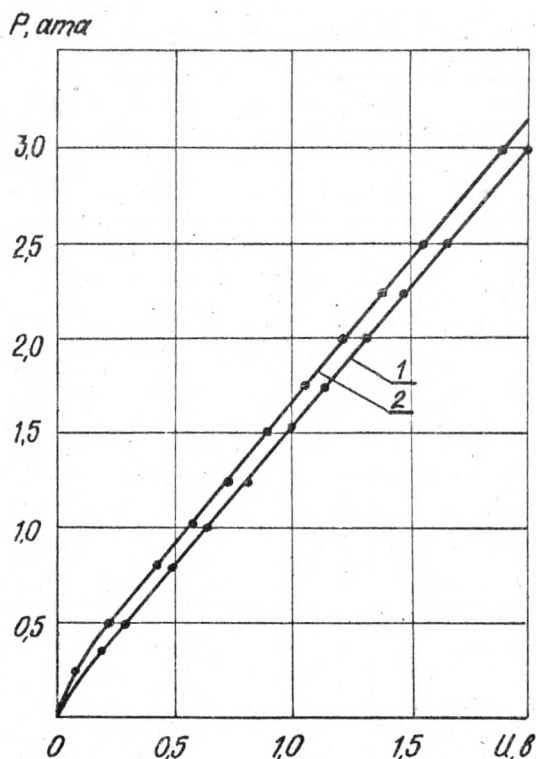


Рис. 4. Тарировочные зависимости системы измерения парогазового давления:
1 - вход 1; 2 - Вход П

ЛИТЕРАТУРА

1. Соснин М.И. Измерение внутреннего давления парогазовой смеси при нагревании капиллярнопористых тел. - В сб.: Исследование свойств древесины и древесных материалов. - Красноярск, 1969.

2. Обливин А.Н., Долгинцев А.Э. Проницаемость древесностружечного пакета. - Лесной журнал, 1976, № 2.

УДК 674-41.02

И.И.Гапон, Г.М.Дмитриев, А.П.Шишкина, А.А.Эльберт
(Ленинградская лесотехническая академия)
М.Н.Раскин, А.М.Казарновский
(Научно-производственное объединение гидролизной промышленности)

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГИДРОЛИЗНОГО ЛИГНИНА В ПРОИЗВОДСТВЕ ДРЕВЕСНОВОЛОКНИСТЫХ ПЛИТ СУХИМ СПОСОБОМ

Полное использование древесины и древесных отходов - одна из актуальных задач настоящего времени. До сих пор требует разрешения проблема использования гидролизного лигнина (ГЛ), около 1 млн. т которого ежегодно вывозится в отвалы. Были попытки использовать лигнин в производстве древесноволокнистых плит мокрым способом [1]. Однако из-за замедления процесса отлива и концентрирования лигнина в сточных водах этот способ утилизации распространения не получил. Имеется много литературных данных по получению пластиков с использованием ГЛ. Однако изделия с ГЛ имеют сравнительно низкое качество, а вопрос использования лигнина до сих пор не решен [2, 3, 4]. Нами было проведено исследование свойств древесноволокнистых плит, изготовленных с частичной заменой древесного волокна гидролизным лигнином. Плиты были изготовлены сухим способом с использованием связующих. Поскольку добавление ГЛ снижает физико-механические свойства, волокно смешивали с лигнином в барабанном смесителе периодического дей-