

УДК 677.017.636.2

А. Н. БУРКИН, заведующий кафедрой «Стандартизация» УО «Витебский государственный технологический университет», доктор технических наук, профессор

Д. К. ПАНКЕВИЧ, аспирант, ассистент кафедры «Конструирование и технология одежды» УО «Витебский государственный технологический университет»

ВОДОНЕПРОНИЦАЕМОСТЬ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ. РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ И ПРИБОРА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ

В статье представлена новая методика определения водонепроницаемости текстильных материалов и новый портативный прибор, позволяющий исследовать водозащитные материалы методом высокого гидростатического давления, а также приведен анализ отечественных и зарубежных методов и приборов.

Водозащитные материалы обеспечивают различную степень защиты в зависимости от назначения. Высокий уровень водозащитных свойств материалов принято характеризовать показателем водонепроницаемости, измеряемым в миллиметрах водяного столба (мм H₂O). В частности, ткани плащевые из химических волокон должны обладать водонепроницаемостью не менее 200 мм [1], искусственная кожа – не менее 250 мм [2], ткани хлопчатобумажные и смешанные для спецодежды – от 180 до 320 мм [3], ткани хлопчатобумажные палаточные и плащевые – не менее 500 мм [4], тентовые материалы с поливинилхлоридным (ПВХ) покрытием для автотранспорта – 1000 мм H₂O [5]. Композиционные слоистые материалы, содержащие мембранный слой, обладают наивысшими значениями показателя водонепроницаемости среди материалов легкой промышленности: по данным производителей средний уровень водонепроницаемости мембранных материалов составляет 5000 мм H₂O [6].

МЕТОДИКИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВОДОНЕПРОНИЦАЕМОСТИ

Отечественные и зарубежные методики определения водонепроницаемости основаны на применении приборов различных конструкций, позволяющих подавать на одну из сторон исследуемого материала гидростатическое давление.

В данной статье рассматриваются методы и средства, позволяющие определять водонепроницаемость материалов при действии на них высокого гидростатического давления.

Методики, реализующие метод высокого гидростатического давления, изложены в технических нормативных правовых актах (ТНПА), представленных в таблице 1.

Испытания по ГОСТ 3816-81 (ИСО 811-81) [7] осуществляются на гидростатическом приборе, позволяющем зажимать образец материала таким образом, чтобы он не скользил в зажимах, располагался горизонтально и невыпукло, а протекание воды у зажимов исключалось.

Таблица 1 – Сравнительный анализ стандартных методик определения водонепроницаемости

Номер стандарта	Максимальное давление, мм H ₂ O	Скорость увеличения давления, мм H ₂ O/мин	Размеры образца	Оценка результата испытаний
ГОСТ Р 51553-94	Ограничено конструкцией прибора	100 ± 5; 600 ± 30	Рабочий: 100 см ² (допускается меньше)	Наибольшее давление до появления 3 капель воды с противоположной стороны образца
ГОСТ 3816-81 (ИСО 811-81)		100 ± 5 или 600 ± 30	Рабочий: (100 ± 5) см ²	
ГОСТ 28486-90		1000 ± 100	400 см ² Рабочий – обусловлен конструкцией прибора	Наибольшее давление до появления 3 капель
ГОСТ 413-91 (ИСО 1420-87)	70 000	Любая постоянная скорость	Рабочий: 7,8 см ²	Наибольшее давление до появления первой капли воды
	По требованию ТНПА на материал	--		Отсутствие любых признаков протекания после 5 испытаний одного образца по 5 мин

Используется метод динамического давления. Скорость увеличения давления должна быть постоянной. Температура воды, используемой для испытания, должна составлять либо (20 ± 2) °С, либо (27 ± 2) °С. Климатические условия проведения испытаний жестко не регламентируются, но должны быть указаны в протоколе испытаний. Согласно требованиям стандарта должна обеспечиваться соответствующая величине давления точность показаний манометра гидростатического прибора:

- до 1000 мм H₂O – 5 мм H₂O;
- от 1000 до 2000 мм H₂O – 10 мм H₂O;
- свыше 2000 мм H₂O – 20 мм H₂O.

Требования [7] распространяются на тканые, трикотажные и нетканые полотна, текстильно-галантерейные и штучные изделия из волокон и нитей всех видов, кроме материалов с покрытием и стеклоткани. В отличие от [7] методика испытания, изложенная в государственном стандарте Российской Федерации ГОСТ Р 51553-99 [8], допускает возможность изменения размеров образца и распространяется на любые текстильные материалы. Кроме того, [8] является аутентичным переводом

европейского стандарта EN 20811:92 «Текстиль. Определение водоотталкивающей способности. Испытание гидростатическим давлением». Методики согласно [7] и [8] допускают проведение испытаний без вырезания образцов.

Методика испытаний по ГОСТ 28486-90 [9], который распространяется на ткани из синтетических нитей, предназначенные для пошива одежды, несколько отличается от стандартных методик, изложенных выше. В частности, не регламентируется величина температуры воды; скорость подъема давления в десять раз выше по сравнению с методикой определения водонепроницаемости по [7]; используется больший размер образца; не допускается проведение испытания без вырезания образцов; отсутствуют требования по расположению образца в зажимах прибора. Данной методикой достаточно часто пользуются в Республике Беларусь при контроле качества плащевых и курточных материалов.

В соответствии с ГОСТ 413-91 (ИСО 1420-87) [10], который распространяется на ткани с резиновым или пластмассовым покрытием, метод высокого гидростатического давления реализуется

в рамках двух методик. Методика Б1 позволяет использовать метод динамического давления, методика Б2 – метод статического постоянного давления. Методика Б1 имеет следующие отличия от рассмотренных выше методик: меньший размер образца (7,8 см² против 100 см²); отсутствие требований к скорости увеличения давления (указано лишь то, что скорость должна быть постоянной); отсутствие требований по величине температуры воды (должна быть такой же, как температура окружающего воздуха); оценка результатов испытания проводится в момент появления первой капли воды на поверхности образца, а не трех капель.

Методика Б2, позволяющая определять водонепроницаемость материалов с резиновым и пластмассовым покрытием методом статического постоянного давления, предполагает подачу гидростатического давления определенной величины на образец материала и наблюдение за поведением нагруженного образца в течение 5 мин. Образец нагружают и разгружают таким способом 5 раз. Любое проникновение воды на противоположную сторону материала в течение испытания считается признаком отсутствия водонепроницаемости образца. Указанная методика применяется для оценки качества водозащитных материалов, условия эксплуатации которых предполагают довольно длительное воздействие гидростатического давления: укрывных, тентовых, палаточных материалов.

Конструкция измерительной ячейки, описанная в [10], предполагает свободный прогиб образца в направлении, совпадающем с направлением приложенного давления. В результате повышения давления образец растягивается, изменяется его структура, появляются микротрещины, наступает разрушение образца. Проникание воды сквозь материал происходит вследствие появления микротрещин покрытия либо нарушения структуры материала. В этом случае нельзя утверждать, что произошло проникание воды сквозь

исследуемый материал, так как дефекты в структуре материала образовались за счет несовершенства конструкции испытательной аппаратуры. Данный стандарт не предусматривает способ повышения давления в измерительной ячейке, но подавляющее большинство приборов, позволяющих проводить испытания в соответствии с ним, снабжены компрессором, требующим подключения к электросети и обладающим значительным весом и габаритами.

Характерной особенностью рассмотренных методик является их «привязка» к конкретным видам материалов, что создает определенные трудности при принятии решения о применении той или иной методики в каждом конкретном случае. Так, при определении водонепроницаемости плащевых и курточных материалов, к которым относят композиционные слоистые мембранные материалы, пользуются либо [7], либо [9]. Однако конструкция приборов, используемых в приведенных в них методиках, не соответствует свойствам материалов по максимальному уровню создаваемого гидростатического давления, поскольку вследствие большой рабочей площади образца происходит протекание воды в зажимах приборов при подаче высокого гидростатического давления. Этот недостаток можно было бы устранить, но в рассматриваемых методиках заложена жесткая регламентация базовых размеров образца. Хорошую герметичность при высоком гидростатическом давлении обеспечивает малый размер образца, регламентируемый [10], однако предложенная в нем методика не может быть использована для материалов, не являющихся материалами с резиновым или пластмассовым покрытием.

Для решения данной проблемы предлагается создание такой методики, которая учитывала бы разнообразные требования стандартов в той мере, в которой это действительно необходимо для оценки водозащитных свойств материалов.

ПРИБОРЫ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ВОДОНЕПРОНИЦАЕМОСТИ

Большую роль в обеспечении тех или иных стандартных условий испытания играют приборы, используемые для исследования водонепроницаемости. Приборы для определения водонепроницаемости текстильных материалов содержат следующие конструктивно-различные основные узлы:

- узел зажима образца;
- узел подачи и поддержания давления;
- устройство регистрации давления;
- измерительную ячейку, в которой создается гидростатическое давление.

Рабочая площадь образца, а следовательно, и диаметр узла зажима образца в приборе для определения водонепроницаемости тем меньше, чем шире диапазон гидростатического давления, обеспечиваемый прибором.

В зависимости от конструкции узла подачи и поддержания давления различают следующие типы приборов:

- пенетрометры (гидростатическое давление создается изменением положения емкости с водой относительно сообщающейся с ней измерительной ячейки);
- гидростатические приборы с воздушным компрессором (используется давление воздуха на воду, находящуюся в измерительной ячейке);
- универсальные приборы (сочетают в своем конструктивном решении оба вышеописанных принципа создания гидростатического давления).

Соответственно конструктивным особенностям узла подачи и поддержания давления для регистрации давления используется либо шкала с миллиметровыми делениями (пенетрометры), либо манометры различных типов (гидростатические приборы).

К группе пенетрометров можно отнести приборы марки QS-317 фирмы Cometech, Тайвань, и МТ-158 фирмы «Метротекс», Россия. Эти несложные механизмы представляют собой

измерительную ячейку цилиндрической формы с кольцевым зажимом для исследуемого образца, соединенную через резиновую трубку с емкостью для воды. Внутренний диаметр кольцевого зажима обеспечивает рабочие размеры образца 100 см². Емкость для воды устанавливается на направляющие и перемещается вверх относительно измерительной ячейки. Давление в системе поднимается за счет перемещения емкости с водой, максимальная его величина ограничена высотой направляющих и составляет для прибора QS-317-180 – 1800 мм H₂O, QS-317-350 – 3500 мм H₂O, а для МТ-158 – 1200 мм H₂O [11], [12]. Пенетрометры могут быть снабжены устройствами регулирования скорости увеличения давления.

Достоинства этих приборов: простота, ремонтпригодность, малая энергоемкость. Недостатки: низкое значение максимального регистрируемого гидростатического давления, визуальная регистрация момента проникания воды через материал, большие габаритные размеры, значительный вес (10 кг для МТ-158, 300 кг для QS-317-350).

Вторая группа приборов наиболее многочисленна и представлена конструкциями типа МТ-167 фирмы «Метротекс» и UGT-7046-HS фирмы UGNlab Co. Ltd. (внешний вид гидростатического прибора с компрессором представлен на рисунке 1).



Рисунок 1 – Внешний вид прибора UGT-7046-HS

Зажимное устройство гидростатических приборов выполнено также в виде кольцевых зажимов с внутренним диаметром, обеспечивающим рабочие размеры образца 100 см². Максимальная величина регистрируемого давления – 2000 мм H₂O для МТ-167 и 20 000 мм H₂O для UGT-7046-НС. Прибор МТ-167 работает в двух скоростных режимах увеличения давления: (100 ± 5) мм H₂O/мин или 600 ± 30 мм H₂O/мин, а при работе на приборе UGT-7046-НС скорость можно установить произвольно [11], [13].

Достоинствами приборов второго типа являются надежность, универсальность в обеспечении соответствия условий испытания стандартам; недостатками – энергоемкость, значительный вес (128 кг, 50 кг), прогиб образца в зажимном устройстве при высоких значениях гидростатического давления и визуальная регистрация момента проникновения воды через материал.

Среди гидростатических приборов определенным интересом представляют малогабаритные приборы с ручным механизмом повышения давления. Такие приборы удобны тем, что не занимают много места, не требуют подключения к электросети, просты в обслуживании. На рисунке 2 представлен прибор Suter tester фирмы Quailitest, который весит всего 5,9 кг и позволяет



Рисунок 2 – Внешний вид малогабаритного прибора Suter tester

создавать в системе и регистрировать давление до 10 000 мм H₂O. Для проведения испытаний различных по уровню водозащитных свойств материалов конструкцией прибора предусмотрены два манометра с различной ценой деления шкалы [13].

Универсальные приборы характеризуются наличием сменных деталей основных конструктивных узлов, соответствующих требованиям различных стандартов. Такие приборы дороги и габаритны [13]. Внешний вид универсального прибора QS-317A представлен на рисунке 3.

Таким образом, при всем разнообразии средств исследования водонепроницаемости текстильных материалов, большинство из них являются массивными, энергоемкими и дорогостоящими. Зажимное устройство многих приборов не обеспечивает горизонтального положения материала при испытании,



Рисунок 3 – Внешний вид универсального прибора

материал при повышении давления выпучивается, его структура нарушается, образуются микротрещины и разрывы водозащитного слоя. Поэтому при использовании приборов с большой рабочей площадью образца водонепроницаемость материала нарушается не только под действием гидростатического давления, но и в силу возникающих в структуре материала напряжений, вызванных его деформацией при прогибе. Кроме того, у большинства приборов отсутствует автоматическая регистрация проникновения воды через материал.

УСОВЕРШЕНСТВОВАННЫЙ ПОДХОД

С целью совершенствования нормативной и приборной базы по определению водонепроницаемости материалов авторами статьи разработан прибор для определения водонепроницаемости текстильных материалов методом высокого гидростатического давления [14]. Область его применения – легкая промышленность. Прибор реализует метод высокого гидростатического давления, портативен, не требует подключения к электросети, обеспечивает неразрушающий контроль водонепроницаемости материалов без вырезания образца, позволяет определять водонепроницаемость материалов в широком диапазоне давлений и проводить испытания по [8], [9] и [10], методы Б1 и Б2.

Актуальность разработки обусловлена тем, что современные материалы, обеспечивающие высокий уровень водозащитных свойств (от 3000 до 10 000 мм H₂O), применяются в швейном производстве Республики Беларусь и выпускаются текстильными предприятиями страны. Однако лишь единицы из крупнейших предприятий концерна «Беллепром» располагают адекватной приборной базой для определения водонепроницаемости материалов в диапазоне давлений свыше 5000 мм H₂O.

Техническая задача, на решение которой направлена разработка нового прибора, заключается в устранении прогиба образца под действием возрастающего давления, облегчении прибора, отказе от компрессора как средства повышения давления в испытательной системе, отказе от вырезания образцов. Это позволит снизить стоимость прибора, сделать его переносным, повысить достоверность результатов испытаний и снизить стоимость испытаний.

Поставленная задача решается тем, что используется измерительная ячейка меньших размеров, проникание воды констатируется датчиком – водоснимателем со светозвуковым сигналом. Это позволяет закрывать поверхность образца

зажимной пластиной, в результате чего исключается прогиб и нарушение структуры образца в процессе испытания. Для увеличения давления в системе используется мембрана, являющаяся дном измерительной ячейки с водой, и прогибающая ее полусфера. В результате действия полусферы на мембрану, гидростатическое давление в системе возрастает.

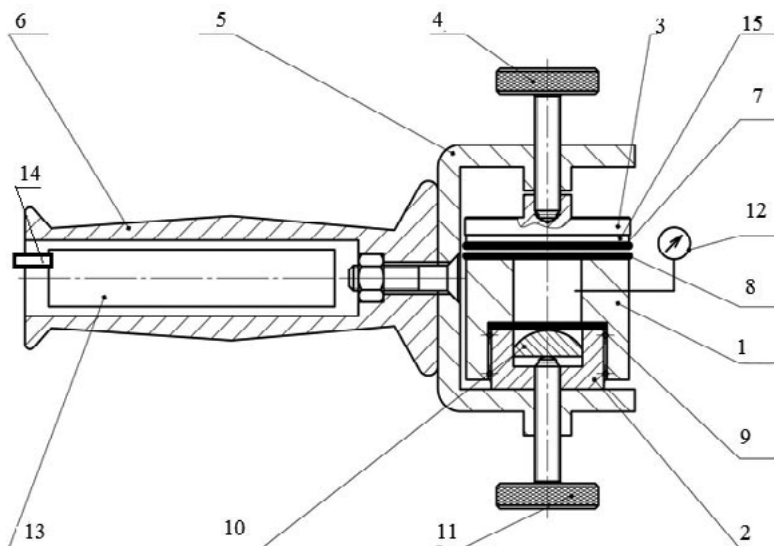
Внешний вид прибора представлен на рисунке 4, схема прибора – на рисунке 5.

Работает прибор следующим образом.

В рабочую область измерительной ячейки заливают воду в объеме 8 см³, материал располагают водонепроницаемым покрытием к воде между резиновыми накладками 7 и 8 зажимного устройства. Удерживая прибор за рукоятку 6, вращением ручки 4 зажима материала прижимают зажимную пластину 3 к измерительной ячейке. Вращением ручки 11 регулировки давления повышают гидростатическое давление в рабочей области измерительной ячейки. Гидростатическое давление воды воздействует на материал, а металлизированная диэлектрическая пластина 15 (датчик воды) регистрирует момент появления воды на обратной стороне материала, сопровождающийся звуковым и световым сигналом индикатора 14. Величина гидростатического давления в рабочей области измерительной ячейки регистрирует-



Рисунок 4 – Внешний вид разработанного прибора



1 – втулка наружная; 2 – втулка внутренняя; 3 – зажимная пластина; 4 – ручка;
5 – скоба; 6 – рукоятка; 7, 8 – резиновые накладки; 9 – мембрана;
10 – полусфера; 11 – ручка регулировки давления; 12 – манометр;
13 – электронная плата с источником питания; 14 – светозвуковой индикатор; 15 – металлизированная диэлектрическая пластина

Рисунок 5 – Схема разработанного прибора

ся манометром 12. Для обеспечения широты диапазона рабочих давлений прибора и точности измерений предусмотрены сменные манометры.

Отбор образцов для испытания проводят в соответствии с [15] или [16] в зависимости от вида материала.

Материалы перед испытанием выдерживают в развернутом виде не менее 24 ч в климатических условиях по [17]:

- относительная влажность воздуха – $(65 \pm 4) \%$;
- температура воздуха – $(20 \pm 2) \text{ }^\circ\text{C}$.

В этих же условиях проводят испытание.

Водопроводную воду перед испытанием выдерживают при температуре испытания не менее 2 ч.

Подготовка к испытанию включает следующие операции:

- расположение прибора на горизонтальной поверхности ручкой зажима образцов вверх;
- проверка отсутствия влаги на пластине датчика воды;

– проверка положения стрелки манометра (должна указывать на ноль);

– заливание 8 см воды в рабочую область наружной втулки прибора.

Оценка водонепроницаемости при динамическом давлении

Испытуемый образец материала лицевой стороной кладут на резиновую накладку 8 таким образом, чтобы между поверхностью материала и водой не оставался воздух, затем вращением ручки зажима образцов 4 по часовой стрелке зажимают образец зажимной пластиной до отказа. Медленным вращением ручки 11 по часовой стрелке создают гидростатическое давление внутри прибора, которое регистрируется манометром 12. Вращение ручки регулировки давления прекращают после сигнала индикатора о наличии воды на датчике, либо при достижении стрелкой манометра максимальной отметки на шкале. Снимают показания манометра. За результат испытания принимают максимальное давление, при котором произошло сквозное промокание материала.

Оценка водонепроницаемости при статическом постоянном давлении

Испытуемый образец материала лицевой стороной кладут на резиновую накладку 8 таким образом, чтобы между поверхностью материала и водой не оставался воздух, затем вращением ручки зажима образцов 4 по часовой стрелке зажимают образец зажимной пластиной до отказа. Медленным вращением ручки 11 по часовой стрелке создают гидростатическое давление внутри прибора, соответствующее ТНПА на материал, которое

регистрируется манометром 12. Вращение ручки регулировки давления прекращают. Включают таймер. После сигнала индикатора о наличии воды на датчике или по истечении указанного в ТНПА на материал времени отключают таймер, вращают ручку 11 против часовой стрелки, понижая давление в рабочей области наружной втулки, вращением ручки 4 против часовой стрелки освобождают материал из зажима. За результат испытания принимают время, прошедшее от начала испытания до сигнала о наличии воды на изнаночной поверхности образца.

Разработанный прибор может эксплуатироваться в любых помещениях производственно-

го назначения при температуре не ниже 0 °С. Его преимуществами перед аналогами являются: малый вес (1 кг), компактность (габариты: 180 × 45 × 150 мм), транспортабельность, возможность проведения испытаний без вырезания образца и без подключения к электросети.

Наличие такого прибора на предприятиях, выпускающих или перерабатывающих водозащитные материалы, позволит упростить процедуру контроля качества материалов, снизить стоимость испытаний, обеспечит возможность оперативного неразрушающего контроля качества водозащитных изделий, находящихся в эксплуатации.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] ГОСТ 29222-91 «Ткани плащевые из химических волокон и смешанные. Общие технические условия».
- [2] ГОСТ 28461-90 «Кожа искусственная одежная. Общие технические условия».
- [3] ГОСТ 11209-85 «Ткани хлопчатобумажные и смешанные защитные для спецодежды. Технические условия».
- [4] ГОСТ 7297-90 «Ткани хлопчатобумажные палаточные и плащевые. Технические условия».
- [5] ГОСТ 29151-91 «Материалы тентовые с поливинилхлоридным покрытием для автотранспорта. Общие технические условия».
- [6] Официальный сайт компании Toray [Электронный ресурс] – режим доступа: <http://www.torayentrant.com>.
- [7] ГОСТ 3816-81 (ИСО 811-81) «Полотна текстильные. Методы определения гигроскопических и водоотталкивающих свойств».
- [8] ГОСТ 413-91 (ИСО 1420-87) «Ткани с резиновым и пластмассовым покрытием. Определение водонепроницаемости».
- [9] ГОСТ Р 51553-99 «Материалы текстильные. Метод испытания водоупорности. Испытание гидростатическим давлением».
- [10] ГОСТ 28486-90 «Ткани плащевые и курточные из синтетических нитей. Общие технические условия».
- [11] Официальный сайт предприятия «Метротекс» [Электронный ресурс] – режим доступа: <http://www.metrotex.ru/>.
- [12] Официальный сайт предприятия Quailitest [Электронный ресурс] – режим доступа: <http://www.worldoftest.com/textile.htm>.
- [13] Официальный сайт предприятия UGNlab Co. Ltd [Электронный ресурс] – режим доступа: <http://ugnlab.ru>.
- [14] Пат. 10690 Республика Беларусь, МПК G 01N 15/08. Прибор для определения водонепроницаемости материалов методом гидростатического давления / авторы, заявители и патентообладатели: Д. К. Панкевич, А. Н. Буркин, Р. С. Петрова, В. Д. Борозна – № и 20150006; заявл. 2015.01.05; опубл. 2015.06.30, бюллетень №3/2015. – С. 156.
- [15] ГОСТ 20566-75 «Ткани и штучные изделия текстильные. Правила приемки и метод отбора проб».
- [16] ГОСТ 29062-91 (ИСО 2231-89) «Ткани с резиновым или пластмассовым покрытием. Стандартные условия кондиционирования и испытания».
- [17] СТБ ISO 139-2008 «Материалы текстильные. Стандартные атмосферные условия для кондиционирования и испытаний».

SUMMARY

A. N. Burkin, D. K. Pankevich

In the article is described a new methodology of determination of water tightness of textile materials. Also reported about the new device, which allow conduct testing of waterproof materials by the method of hydrostatical high-pressure. The analysis of national and foreign methods and devices to test waterproof materials by the method of hydrostatical high-pressure is done in the article.

Поступила в редакцию 10.04.2016 г.