

ДОСЛІДЖЕННЯ СПОСОБІВ З'ЄДНАННЯ ПОЛІМЕРНОЇ ПЛІВКИ ПРИ БУДІВНИЦТВІ ПРОТИФІЛЬТРАЦІЙНИХ СПОРУД

В.І. ПЕТРОЧЕНКО

Інститут водних проблем і меліорації НААН

Наведено результати теоретичних і експериментальних досліджень із вдосконалення способів зварювання, склеювання і герметизації полімерної гідротехнічної плівки при будівництві проти-фільтраційних споруд.

Ключові слова: протифільтраційна споруда, полімерна гідротехнічна плівка, зварювання, склеювання, герметизація швів полімерної плівки

Проблема та її актуальність. При будівництві протифільтраційних екранів, діафрагм та завіс використовують рулонну поліетиленову або полівінілхлоридну плівку, яку перед укладанням або в процесі її укладання в ґрунт з'єднують у протифільтраційні полотнища та конструкції. З'єднання плівок виконують шляхом зварювання і склеювання, а також за допомогою липкої стрічки та з використанням герметичних матеріалів [1].

Проте при будівництві протифільтраційних споруд із застосуванням зазначених способів з'єднання рулонної гідротехнічної плівки виникають певні проблеми. Так, через складність додержання необхідних режимів зварювання плівки ручним інструментом (побутові праски, зварювальні полози), плівка в деякі моменти або не нагрівається до потрібної температури, або, навпаки, перепалюється зварювальним інструментом.

До найбільш технологічних способів з'єднання полімерних плівок можна віднести склеювання та герметизацію. Якщо для склеювання полівінілхлоридної плівки можуть бути застосовані розчини полівінілхлориду у діхлоретані, трихлоретилені, метиленхлориді тощо, то склеювання поліетиленової плівки є досить проблематичним. Відомо, що деякі полімерні матеріали, до числа яких належить поліетилен,

© В.І. Петроченко, 2014

будучи неполярними сполуками, практично не володіють адгезією до інших речовин [2]. У зв'язку з цим виникає потреба у науковому обґрунтуванні операцій з'єднання полімерної гідротехнічної плівки за допомогою клеїв та герметиків.

Мета досліджень – удосконалити способи з'єднання полімерної плівки у крупногабаритні полотнища та надати науково обґрунтовані рекомендації щодо їх застосування при будівництві гідротехнічних протифільтраційних споруд.

1. Основні технологічні схеми укладання гідротехнічної плівки.

Дослідження способів з'єднання рулонної полімерної плівки у протифільтраційні полотнища виконували з урахуванням особливостей основних процесів будівництва гідротехнічних споруд, які наведені на рис. 1.

2. Удосконалення способу зварювання полімерних плівок

У практиці гідротехнічного будівництва найбільш ефективним способом зварювання полімерних плівок визначився термоконттактний, що здійснюється за допомогою постійно нагрітого зварювального інструмента. Гідротехнічні плівки виготовляють переважно з поліетилену низького тиску (ПНД). Для плівки з ПНД, яка має товщину $\delta = 0,2$ мм, експериментально встановлений такий оптимальний режим зварювання термоконттактним способом при односторонньому нагріванні шва: температура інструменту $T_{opt} = 235^{\circ}\text{C}$; тиск зварювання $p_{opt} = 0,2$ МПа; тривалість контакту $t_{opt} = 0,55$ с. Для плівки з ПНД товщиною $\delta = 0,4$ мм (два шари плівки товщиною $\delta = 0,2$ мм) оптимальні параметри зварювання такі: $T_{opt} = 240^{\circ}\text{C}$; $p_{opt} = 0,2$ МПа; $t_{opt} = 0,58$ с.

Оптимальний режим зварювання плівок рухомих інструментом з урахуванням вищенаведених параметрів визначається за такої умови:

$$v_{opt} = l_{з.і.} / t_{opt}, \quad (1)$$

де v_{opt} – оптимальна швидкість робочого переміщення зварювального інструмента, м/с; $l_{з.і.}$ – довжина робочої поверхні інструмента, м.

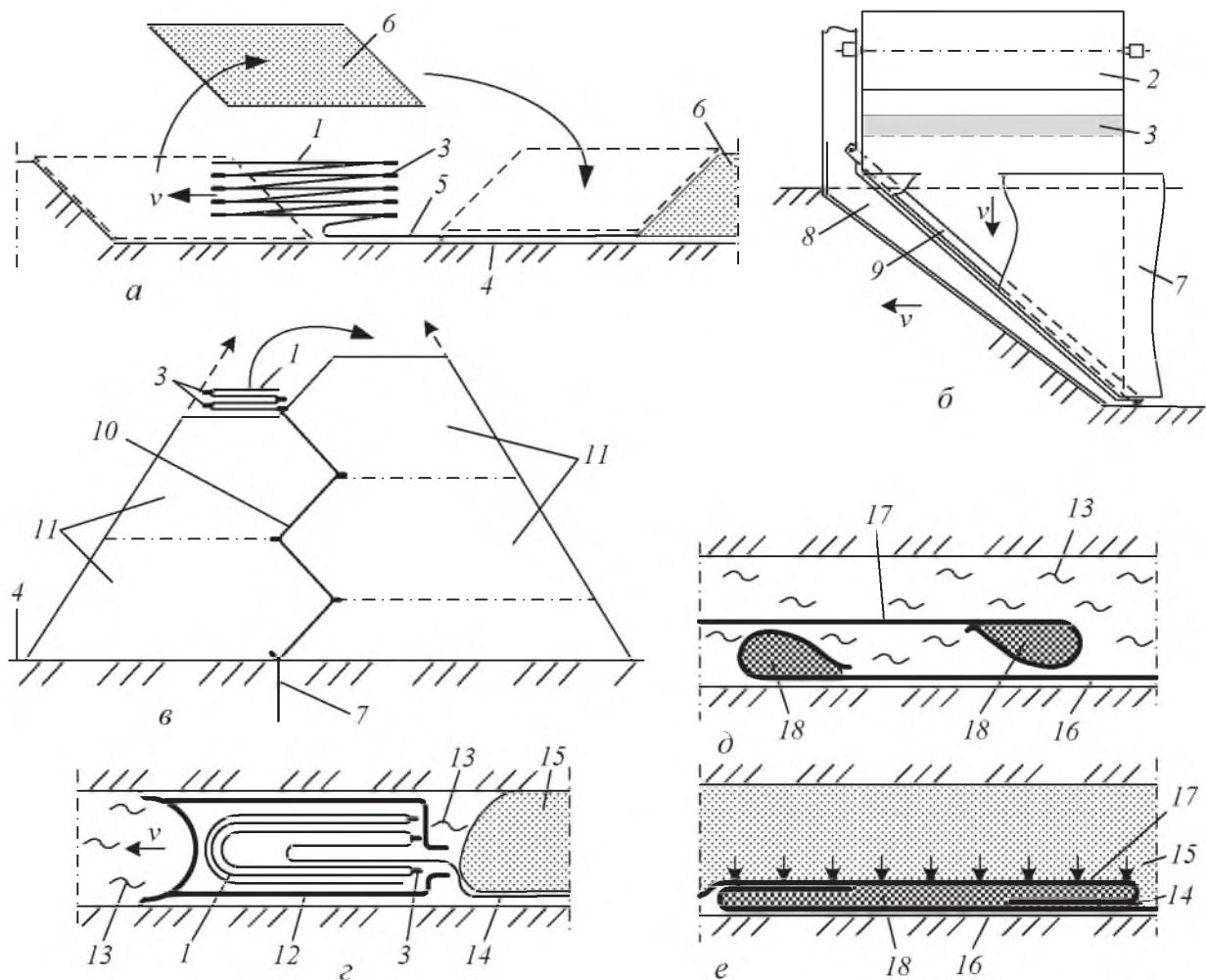


Рис. 1. Схеми укладання полімерної плівки при будівництві гідротехнічних споруд: *а* – ґрунтоплівкового екрана [3]; *б* – завіси безтраншейним способом [4]; *в* – греблі з діафрагмою ярусним способом [5]; *г* – глибокої завіси касетно-циклічним способом [6, 7]; *д, е* – глибокої завіси удосконаленим традиційним способом [8]; *д* – етап опускання в траншею полотнища з плівки; *е* – етап відсипки наповнювача траншеї; 1 – пакет полотнища з плівки; 2 – рулон з плівкою; 3 – шви з'єднань плівки; 4 – ґрунтова основа; 5 – екран з плівки; 6 – захисний шар ґрунту; 7 – завіса з плівки; 8 – ніж; 9 – пластина розгортання плівки; 10 – діафрагма; 11 – яруси греблі; 12 – захисний кожух; 13 – траншея з глинистим розчином; 14 – завіса з плівки; 15 – наповнювач траншеї; 16 – полотнище, яке опущене в траншею раніше; 17 – полотнище, яке опускають пізніше; 18 – герметик

Термоконтактне зварювання плівок 2 (рис. 2) зазвичай здійснюють зварювальним інструментом 3 з рівномірним розподілом температури по ширині його робочої поверхні. При застосуванні такого інструмента в польових і стаціонарних умовах плівка в деякі моменти або недостатньо

прогрівається, або, навпаки, перепалюється. Це пояснюється тим, що в процесі ручного зварювання завжди має місце коливання величини тиску p і швидкості зварювання v , яка не співпадає з оптимальною швидкістю v_{opt} , визначеною за формулою (1). Крім того, фактична температура зварювання T періодично відхиляється від T_{opt} , оскільки на її величину впливають: коливання напруги в електромережі, температура і вологість повітря, сила та напрямлення вітру, сонячна радіація, інші чинники.

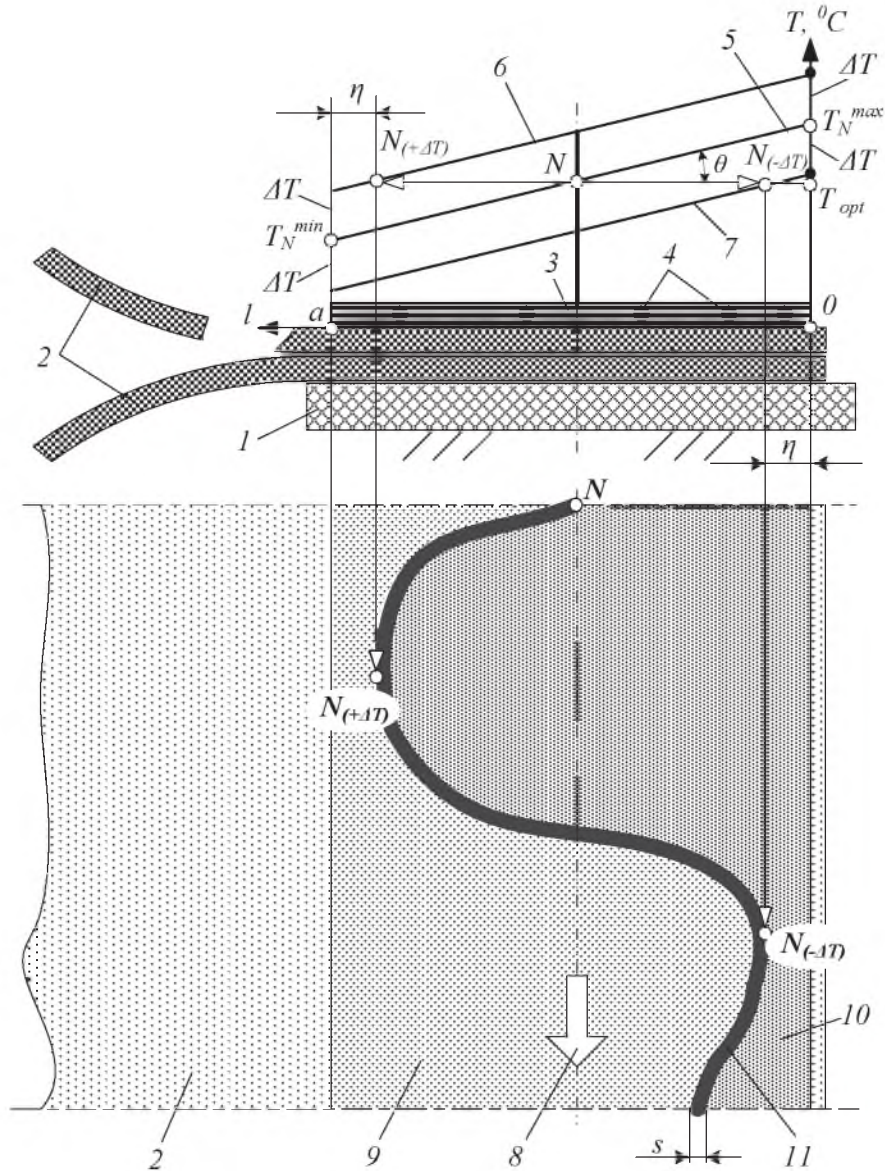


Рис. 2. Схема до обґрунтування вдосконалення процесу зварювання плівки: 1 – основа; 2 – краї плівки, які зварюються; 3 – зварювальний інструмент; 4 – нагрівальний елемент; 5, 6 і 7 – графіки розподілу по ширині зварювального шва номінальної, максимальної і мінімальної температури; 8 – напрям руху зварювального інструмента; 9 – зона шва з недостатнім нагрівом плівок; 10 – зона перегріву плівок; 11 – смуга оптимального зварювання шва

Для удосконалення процесу ручного термоконтального зварювання був запропонований спосіб [9], за яким номінальна температура T_N на робочій поверхні зварювального інструмента встановлюється не фіксованою величиною на усій поверхні зварювання, а функціонально залежною від ширини l шва величиною $T = \Phi(l)$ з максимальним її значенням на зовнішній границі і мінімальним на внутрішній границі шва. Номінальна температура інструмента T_N на рис. 2 показана графіком 5, при цьому на середині шва температура T_N встановлюється відповідною до оптимальної температури T_{opt} . За умови $T_N = T_{opt}$ на шві маємо точку оптимального зварювання N (рис. 2). У момент максимального збільшення номінальної температури (графік 6) до позначки $T_N + \Delta T$, за умови $T_N + \Delta T = T_{opt}$, на шві маємо точку оптимального зварювання $N_{(+\Delta T)}$. У момент максимального зменшення номінальної температури (графік 7) до позначки $T_N - \Delta T$, за умови $T_N - \Delta T = T_{opt}$, на шві маємо точку оптимального зварювання $N_{(-\Delta T)}$.

Таким чином, за новим способом, незалежно від коливань номінальної температури зварювального інструмента, завжди автоматично забезпечується смуга 11 оптимального зварювання шва, яка проходить через точки N , $N_{(+\Delta T)}$ і $N_{(-\Delta T)}$ (рис. 2). Ширина s смуги 11 може бути визначена за формулами:

$$s = \frac{2\varepsilon}{\operatorname{tg}\theta} ; \quad (2) \qquad \operatorname{tg}\theta = \frac{\Delta T}{a - 2\eta} , \quad (3)$$

де ε – максимально допустима за умовою якісного зварювання в межах смуги 11 величина перевищення або пониження температури зварювання відносно T_{opt} (за умови якісного зварювання в межах смуги 11), град; $\operatorname{tg}\theta$ – кутовий коефіцієнт графіків 5, 6 і 7; ΔT – величина максимального коливання (перевищення або пониження) номінальної температури, град; a – ширина шва, мм; η – параметр, який приймається для запобігання виходу смуги 11 за межі зварювального шва, мм.

3. Теоретичні дослідження клейових швів полімерних плівок

При виведенні основних теоретичних залежностей приймаються такі передумови. Матеріали клейового з'єднання плівок, в тому числі і клей, відповідають закону Гука. Величина адгезії по всій поверхні склеювання розподілена рівномірно. Через малу товщину клейового шва площа склеювання встановлюється паралельно прикладеному навантаженню. Жорсткість клейового шва на згин дорівнює нулю. Плівки

виконані з однорідної речовини, мають однакову товщину δ і склеєні прошарком однорідної клейової речовини рівномірної товщини δ_k .

Розглянемо поперечний переріз ділянки клейового шва плівок довжиною 1 м (рис. 3). Клейовий шов може сприймати тільки розтяжне зусилля. За межами клейового шва верхня 1 і нижня 2 плівки сприймають однакове питоме розтяжне зусилля P_0 . У межах ширини шва a на координаті x питоме розтяжне зусилля P_0 розподіляється на питоме розтяжне зусилля P_x верхньої плівки 1 і питоме розтяжне зусилля $P_0 - P_x$ нижньої плівки 2.

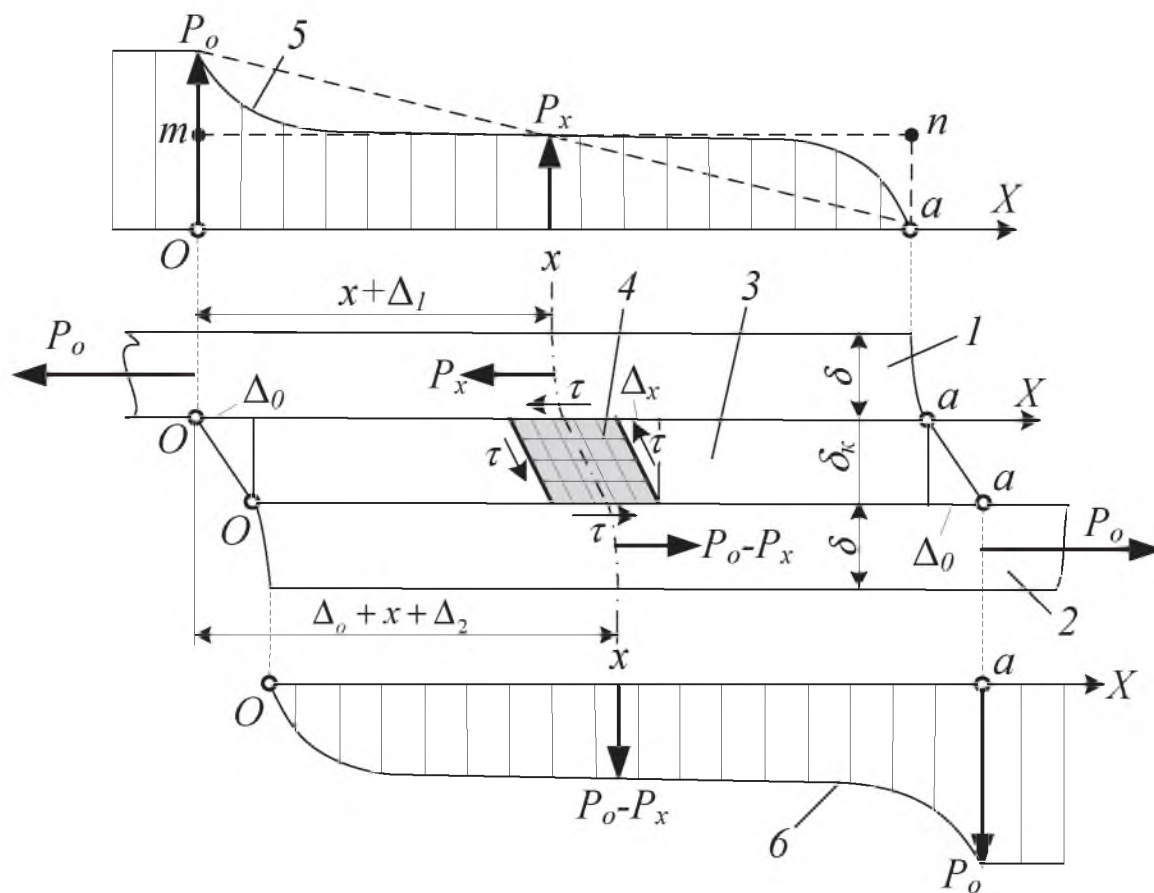


Рис. 3. Поперечний переріз клейового шва плівок у пружному напружено-деформованому стані:

1 і 2 – верхня і нижня плівки клейового шва; 3 – шар клею; 4 – елементарна призма клею у напружено-деформованому стані; 5 і 6 – графіки розподілу питомих розтяжних зусиль по ширині клейового шва плівок 1 і 2

Виділимо у перетину $x-x$ поперечного перерізу клейового шва елементарну призму 4 клею 3 (рис. 3). На основі прийнятих початкових передумов клейова речовина буде відчувати напругу чистого зсуву. При цьому дотичні напруження визначаються відповідно до закону Гука:

$$\tau = \frac{dP_x}{dx} = \frac{E_\kappa}{2(1-\mu)} \frac{\Delta_x}{\delta_\kappa} = G_\kappa \frac{\Delta_x}{\delta_\kappa}, \quad (4)$$

де E_κ – модуль пружності на розтяг клейової речовини, Па; μ – коефіцієнт Пуассона; G_κ – модуль пружності на зсув клейової речовини, Па; Δ_x – відносне зміщення склеєних поверхонь плівок у перетині x - x , м; δ_κ – товщина клейового прошарку, м.

Визначимо відносне зміщення Δx через абсолютні переміщення Δ_1 і Δ_2 по осі X склеєних поверхонь плівок 1 і 2 у перетині x - x .

$$\Delta_x = \Delta_1 - \Delta_0 - \Delta_2, \quad (5)$$

де Δ_0 – відносне зміщення склеєних поверхонь плівок на границі шва, м.

Розглянемо елементарні ділянки довжиною dx верхньої і нижньої плівок в перетині шва x - x і запишемо закон Гука при їх розтягуванні:

$$\frac{d\Delta_1}{dx} = \frac{P_x}{\delta E}; \quad (6) \quad \frac{d\Delta_2}{dx} = \frac{P_0 - P_x}{\delta E}, \quad (7)$$

де E – модуль пружності на розтяг основного матеріалу (плівки), Па.

Диференціюючи по x рівняння (5) та підставляючи в нього значення $\frac{d\Delta_1}{dx}$ і $\frac{d\Delta_2}{dx}$ з (6) і (7), отримаємо:

$$\frac{d\Delta_x}{dx} = \frac{1}{\delta E} (2P_x - P_0). \quad (8)$$

Диференціюючи по x рівняння (4) та підставляючи в нього $\frac{d\Delta_x}{dx}$ з (8), отримаємо диференціальне рівняння напружено-деформованого стану шва:

$$\frac{d^2 P_x}{dx^2} = \frac{G_\kappa}{E \delta \delta_\kappa} (2P_x - P_0). \quad (9)$$

Позначивши вираз $\frac{G_\kappa}{E \delta \delta_\kappa}$ через D^2 та зваживши граничні умови:

$$\left. \begin{array}{l} x = 0 \\ P_x = P_0 \end{array} \right\}; \quad \left. \begin{array}{l} x = a \\ P_x = 0 \end{array} \right\}, \quad (10)$$

отримаємо рішення диференціального рівняння (9):

$$P_x = \frac{P_0}{2} \left[\frac{e^{Dx} - e^{D(a-x)}}{1 - e^{Da}} + 1 \right], \quad (11)$$

де e – основа натуральних логарифмів.

Графік функції P_x наведений на рис. 1. На характер розподілу питомої сили P_x впливає співвідношення модулів пружності G_κ/E . Аналіз функції P_x свідчить, що із збільшенням співвідношення G_κ/E її

графік має більш круту характеристику. При $G_k/E \rightarrow \infty$ він буде наближатися до ламаної лінії $P_0 m a$. При $G_k/E \rightarrow 0$ графік буде наближатися до прямої $P_0 a$ (рівномірний розподіл по ширині шва дотичних напружень).

Взявши похідну по x від P_x з (11), отримаємо залежність, що описує характер розподілу дотичних напружень по ширині шва.

$$\tau = \frac{P_0 D}{2} \frac{e^{Dx} + e^{D(a-x)}}{1 - e^{Da}}. \quad (12)$$

При цьому τ має від'ємний знак і найбільше значення по модулю приймає в граничних точках шва:

$$\tau_{\substack{x=0 \\ x=a}} = \frac{P_0 D}{2} \frac{1 + e^{Da}}{1 - e^{Da}}. \quad (13)$$

Клейовий шов буде працювати без руйнування за умови:

$$\tau_{\substack{x=0 \\ x=a}} \leq [\tau], \quad (14)$$

де $[\tau]$ – адгезійна міцність при зсуві клейового з'єднання плівок, Па.

Підставивши у вираз (13) $[\tau]$ зі знаком мінус, отримаємо розрахункову залежність міцності на розтяг клейового шва-нахлесту плівок:

$$P_0 \leq [P_0] = \frac{2[\tau] e^{Da} - 1}{D e^{Da} + 1} = \frac{2[\tau]}{\sqrt{\frac{G_k}{E\delta\delta_k}}} \frac{e^{\sqrt{\frac{G_k}{E\delta\delta_k}} a} - 1}{e^{\sqrt{\frac{G_k}{E\delta\delta_k}} a} + 1}, \quad (15)$$

де $[P_0]$ – питома міцність клейового з'єднання на зсув, Н/м.

Неважко встановити, що при збільшенні параметра a $(e^{Da} - 1)/(e^{Da} + 1)$ асимптотично наближається до одиниці, а вираз $2[\tau]/D$ є рівнянням асимптоти функції питомої міцності $[P_0]$ від аргументу a . При достатньо великому значенні ширини шва a його питома міцність $[P_0]$ визначається:

$$[P_0] \cong \frac{2[\tau]}{D} = 2[\tau] \sqrt{\frac{E\delta\delta_k}{G_k}}. \quad (16)$$

Згідно з розрахунками, питома міцність пружного клейового шва плівок може бути розрахована за формулою (16) при ширині шва $a > 0,5$ см (рис. 4 б).

4. Експериментальні дослідження клейових швів поліетиленової плівки. Через те, що полімерні плівки при великих деформаціях не відповідають закону Гука, виникає потреба в проведенні експериментальних досліджень, оскільки залежності (15) і (16) можуть бути

використані тільки за прогнозування перспективних клейових композицій для полімерних плівок, а саме, встановлено, що за умов недостатньої адгезії $[\tau]$ перспективними є клейові композиції із малим модулем пружності.

Зразки клейових швів поліетиленових плівок (ГОСТ 10354-82) з базовими параметрами $E = 196$ МПа, $\delta = 0,2$ мм, $\delta_k = 0,04$ мм випробували на міцність на розривній машині МР-05-1 при швидкості розтягнення 80 мм/хв. (рис. 4).

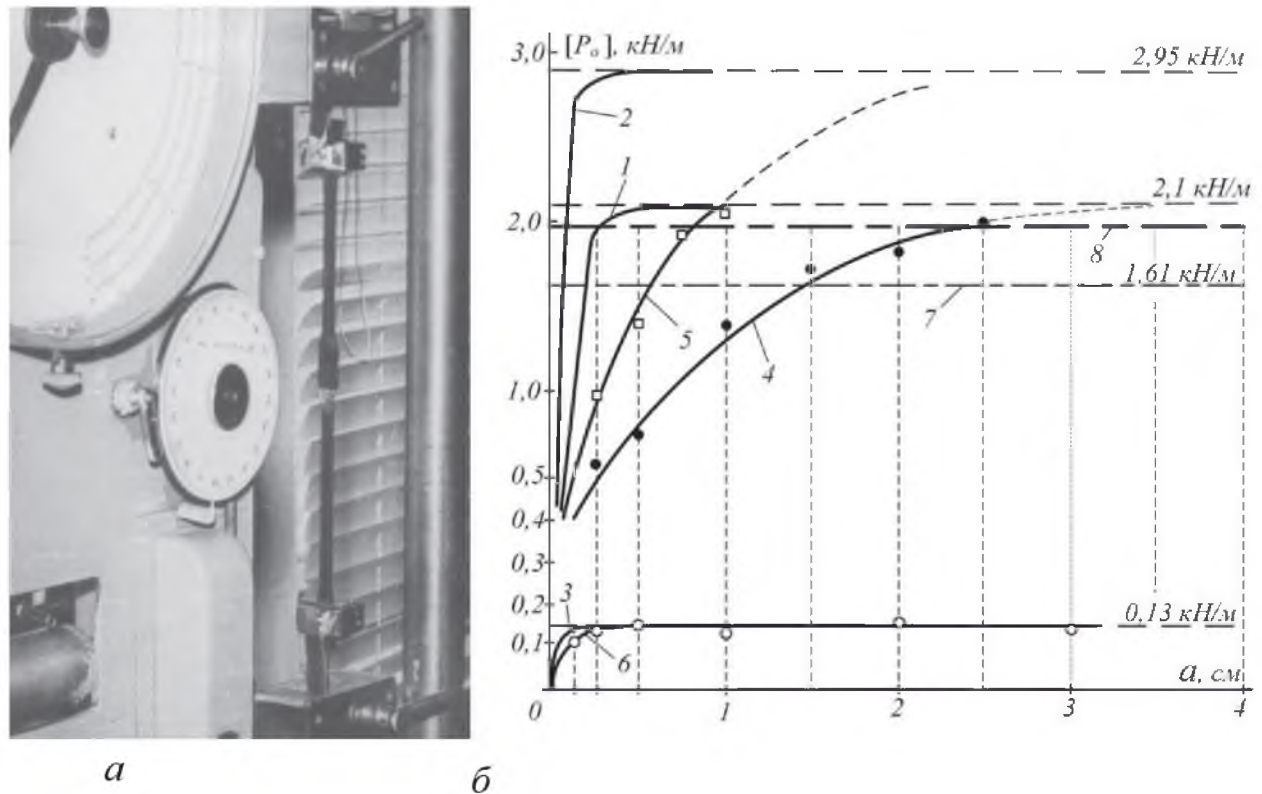


Рис. 4. Схема та результати дослідження клейових швів поліетиленової плівки:

a – схема розтягнення зразка клейового шва плівки на машині МР-05-1; *б* – графіки залежності питомої міцності клейових швів від їх ширини при базових параметрах шва $E = 196$ МПа, $\delta = 0,2$ мм, $\delta_k = 0,04$ мм; 1, 2, 3 – теоретичні криві питомої міцності швів плівки в умовах пружних деформацій; 4, 5, 6 – експериментальні криві питомої міцності швів плівок у реальних умовах їх розтягнення; 1, 4 – склеювання наїритовим клеєм гладких поверхонь плівок; 2, 5 – склеювання наїритовим клеєм шорстких поверхонь плівок; 3, 6 – склеювання епоксидною смолою ЕД-6 гладких поверхонь плівок; 7 і 8 – межа плинності та межа міцності зразків плівки

Для склеювання зразків плівки використовували два клеї, які різко відрізняються за фізичними властивостями: наїритовий клей – 15% розчин наїритового каучуку ($E_k = 7,8$ МПа; $\mu = 0,47$; $G_k = 7,4$ МПа) в етилацетаті й епоксидна смола ЕД-6 ($E_k = 2940$ МПа; $\mu = 0,3$; $G_k = 2100$ МПа).

Спочатку на розривній машині була визначена адгезійна міцність $[\tau]$ поліетилену з наїритовим клеєм і епоксидною смолою. Для цього до зразків плівок, що потім склеювали, приварювали поліетиленові пластини жорсткості товщиною 20 мм. За умови, що при збільшенні δ на два порядки, істотно зменшується величина D і на невеликій ширині шва $a = 1,5$ см забезпечується достатньо рівномірний розподіл дотичних напружень, що дало можливість визначити $[\tau]$ за формулою:

$$[\tau] = P_p / l a, \quad (17)$$

де P_p – розривне зусилля, Н; l – довжина шва (ширина смуги плівки), м.

Експериментально було визначено: $[\tau] = 1,93$ МПа (наїритовий клей з гладкою поверхнею поліетилену); $[\tau] = 2,68$ МПа (наїритовий клей з шорсткою, обробленою абразивним інструментом поверхнею поліетилену);

$[\tau] = 2,42$ МПа (епоксидна смола з гладкою поверхнею поліетилену).

Експериментальні значення $[\tau]$ були використані при розрахунках за формулою (15) питомої міцності швів $[P_0]$ (теоретичні криві 1, 2 і 3 на рис. 4 б). Відповідно до теоретичних кривих, за результатами експериментів були побудовані криві 4, 5 і 6, які мають більш пологої характеристики, але спільні з теоретичними кривими 1, 2 і 3 асимптоти. Це дало підставу експериментальні значення питомої міцності клейових швів поліетиленової плівки, відповідно до (15), представити довірчою функцією:

$$[P_0] = \frac{2[\tau] e^{Da} - e^{a\alpha}}{D e^{Da} + e^{a\alpha}}. \quad (18)$$

Після обробки результатів експериментальних досліджень за методом найменших квадратів питома міцність клейових швів поліетиленових плівок була апроксимована залежністю:

$$[P_0] = \frac{2[\tau] e^{\sqrt{\frac{G_k}{E\delta\delta_k}} a} - e^{1672a}}{\sqrt{\frac{G_k}{E\delta\delta_k}} e^{\sqrt{\frac{G_k}{E\delta\delta_k}} a} + e^{1672a}}. \quad (19)$$

Результати проведених нами досліджень узгоджуються з результатами експериментальних досліджень Державного науково-дослідного і проектного інституту полімерних клеїв ім. Тер-Газаряна (Росія) з визначення раціонального складу клейових композицій для поліетиленових плівок на основі поліізобутилену і каучуку «Ацетур» [10]. Проте помічене збільшення міцності швів при введенні в неполярні лінійні олігомери каучуків дослідники недостатньо коректно пояснюють як «аномальне збільшення адгезії». Згідно з нашими дослідженнями, цей ефект забезпечується не збільшенням адгезії $[\tau]$, а більш рівномірним розподілом (12) дотичних напружень τ по ширині шва a у разі використання клеїв з малим модулем пружності G_k .

5. З'єднання полімерної плівки за допомогою герметиків

Герметики, призначені для з'єднання полімерної гідротехнічної плівки, виготовляють з розчиненого у рідких нафтопродуктах поліізобутилену і бітуму. Їх використовують у важкодоступних та інших місцях, де неможливо, або нераціонально використовувати зварювання та склеювання плівки. Одним із технологічних процесів, де існує гостра потреба використання герметиків, є будівництво глибоких протифільтраційних завіс. За традиційною технологією протифільтраційну завісу споруджують шляхом послідовного опускання в траншею з глинистим розчином під дією баласту крупногабаритних полотниць із плівки з утворенням вертикальних нахлестів країв полотниць, які необхідно герметизувати. Герметик наноситься на краї полотниць на поверхні землі. Але в процесі опускання полотниць герметик забруднюється глинистим розчином, а також спричиняє передчасне злипання полотниць, що порушує технологічний процес. Для усунення цього недоліку запропоновано спосіб герметизації [8] (рис. 1д, е), який використовувався ВАТ «Укргідроспецфундаментбуд» при будівництві завіс з плівки.

Висновки. Полімерну гідротехнічну плівку виготовляють переважно у вигляді рулонів, у зв'язку з чим виникає потреба її з'єднання у крупногабаритні протифільтраційні полотнища та конструкції як на підготовчому, так і на основних етапах будівництва гідротехнічних споруд.

Основним способом з'єднання рулонної плівки у протифільтраційні полотнища є термоконтактне зварювання, недоліком якого є низька якість зварювальних швів через складність додержання необхідних режимів та параметрів зварювання плівки у польових і стаціонарних умовах з використанням ручного зварювального інструмента.

Встановлено, що надійність термоконтактного зварювання полімерної гідротехнічної плівки та якість зварювальних швів можна підвищити завдяки нерівномірному розподілу номінальної температури зварювання по ширині робочої поверхні зварювального інструмента, за яким на внутрішній границі шва-нахлесту плівок встановлюють номінальну температуру нагрівання нижчу, а на зовнішній – вищу оптимальної температури зварювання.

Склеювання є найбільш технологічним способом з'єднання полімерної гідротехнічної плівки у крупногабаритні протифільтраційні полотнища при будівництві гідротехнічних споруд, але через досить малу адгезію поліетилену до будь-яких клейових композицій цей спосіб використовують тільки для плівок, виготовлених з інших полімерних матеріалів.

Теоретичними дослідженнями пружного напружено-деформованого стану клейового шва-нахлеста плівок встановлено, що функція міцності шва на розтягнення має асимптотичний характер і досягає граничного значення при його ширині понад 0,5 см, при цьому висота асимптоти функції міцності шва визначається не тільки величиною адгезії, а й співвідношенням модулів пружності матеріалів плівки і клею. Встановлено, що найбільш перспективними для гідротехнічних плівок можуть бути клеї з малим модулем пружності, що сприяє більш рівномірному розподілу дотичних напружень по ширині швів та підвищенню міцності останніх.

Оскільки клейові шви поліетиленової плівки при великих деформаціях не відповідають закону Гука, були проведені експериментальні дослідження, за результатами яких встановлено, що функція міцності клейових швів поліетиленової плівки також має асимптотичний характер, при цьому величини асимптот міцності пружних клейових швів і клейових швів поліетиленової плівки при однакових базових параметрах клейових з'єднань співпадають, а міцність клейових швів поліетиленової плівки на розтягнення досягає свого граничного значення при ширині швів понад 2–3 см.

Клейові матеріали, які мають малий модуль пружності, наприклад на основі каучуку, можуть бути застосовані для склеювання поліетиленової гідротехнічної плівки в окремих технологічних процесах, наприклад, при будівництві протифільтраційних завіс безтраншейним способом, оскільки вони забезпечують клейовим швам міцність на розтяг

80–100% міцності на розтяг матеріалу поліетиленової плівки, але ніякий клей не може бути визнаний універсальним для поліетиленової плівки, оскільки через малу адгезію до поліетилену інших матеріалів клейові з'єднання плівки не мають достатньою міцності на відшарування.

З'єднання гідротехнічної плівки за допомогою герметиків може здійснюватись при будівництві заглиблених та інших протифільтраційних споруд в складних умовах та у важкодоступних місцях, при цьому для забезпечення високої якості з'єднання порожнину між з'єднуваними поверхнями доцільно заповнювати герметиком у кінці укладання плівки під дією тиску на її зовнішні поверхні.

1. *Инструкция* по проектированию и строительству противофильтрационных устройств из полиэтиленовой пленки для искусственных водоемов. СН 551-82/Госстрой СССР.—М.: Стройиздат, 1983. – 40 с.

2. *Гуль В.Е.* Структура и механические свойства полимеров / В.Е. Гуль, В.Н. Кулезнев. – М.: Издательство «Лабиринт», 1994. – 367 с.

3. *А.с. 1668537 /СССР/.* Способ сооружения грунтопленочного экрана / В.И. Петроченко. – Оpubл. в Б.И. 1991, № 29.

4. *А.с. 1821513 /СССР/.* Устройство для бестраншейной укладки пленочной завесы / В.И. Петроченко. – Оpubл. в Б.И. 1993, № 22.

5. *А.с. 1585438 (СССР).* Способ сооружения земляной плотины / В.И. Петроченко. – Оpubл. в Б.И. – 1990. – № 30.

6. *А.с. 1763557 (СССР).* Способ укладки противофильтрационной завесы и устройство для его осуществления / В.И. Петроченко. – Оpubл. в Б.И. – 1992. – № 35.

7. *Патент России 2022089.* Кассеты для укладки пленочного материала / В.И. Петроченко. – Оpubл. в Б.И. 1994, № 20.

8. *Патент России 2020201.* Способ образования стыкового соединения полотнищ пленочной завесы / В.И. Петроченко, В.И. Снисаренко. – Оpubл. в Б.И. – 1994. – № 18.

9. *А.с. 1368190 /СССР/.* Способ сварки внахлест Т-образными швами термопластичных пленок / Петроченко В.И. – Оpubл. в Б.И. 1988, № 3.

10. *Мовсисян Э.А.* Клей для полиэтиленовой пленки / Э.А. Мовсисян, О.Л. Фиговский. – Реф. информация о передовом опыте. Серия IV. Противокоррозионные работы в строительстве, 1978, вып. 7, С. 13 (Минмонтажспецстрой СССР).

Приведены результаты теоретических и экспериментальных исследований по совершенствованию способов сварки, склеивания и герметизации полимерной гидротехнической пленки при строительстве противофильтрационных сооружений.

The results of theoretical and experimental studies on improving the practice of welding, agglutination and sealing of polymer hydroengineering film when constructing antifiltration structures are given.