

УДК 519.6

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ПРОСОЧЕННЯ РІДИНИ В СИПУЧИЙ МАТЕРІАЛ

*Олеся Славгородська
Костянтин Лисенко*

В.В. Олійник, кандидат технічних наук, доцент
Національний університет цивільного захисту України

Об'єктом дослідження є процес просочення рідини в сипучий матеріал. Побудовано математичну модель для визначення параметрів просочення рідини в ґрунт: коефіцієнта пористості ґрунту, коефіцієнта гідравлічної провідності і показника капілярності. Припускається, що процес просочення рідини в ґрунт описується моделлю Грін-Ампт, особливістю якої є уявлення про чітку межу між вже змоченим і ще сухим ґрунтом.

Ключові слова: розлив рідини, параметри просочення, модель Грін-Ампт, коефіцієнт пористості, сипучий матеріал.

EXPERIMENTAL DETERMINATION OF THE PARAMETERS OF THE LIQUID INFILTRATION INTO THE SAND

*Olesya Slavhorodska
Kostyantyn Lysenko*

V.V. Oliinyk, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
National University of Civil Defence of Ukraine

The object of the study is the process of liquid impregnation into bulk material. A mathematical model was built to determine the parameters of liquid seepage into the soil: soil porosity coefficient, hydraulic conductivity coefficient and capillarity index. It is assumed that the process of liquid infiltration into the soil is described by the Green-Ampt model, the feature of which is the idea of a clear boundary between already wetted and still dry soil.

Keywords: liquid spillage, impregnation parameters, Green Ampt model, porosity coefficient, bulk material.

Аналіз моделей розтікання горючих рідин, засвідчив, що вони не враховують просочення рідини в підстилаючу поверхню. Це, в свою чергу, призводить до похибок в оцінці розмірів розливу, та динаміки його утворення. Просочення рідини в сипучий матеріал, зокрема, ґрунт, описується моделлю Грін-Ампт (Green-Ampt) [1]. В моделі розглядається межа між сухим і вже змоченим ґрунтом. Для проведення експериментальних досліджень в якості сипучого матеріалу було використано пісок, який насипався в циліндр діаметром 60 mm. В якості

рідини було обрано сиру нафту. Результати вимірювання глибини просочення Z , товщини шару рідини на поверхні h_0 в різні моменти часу наведено в [2]. Залежність між товщиною шару нафти на поверхні піску і глибиною просочення є практично лінійною (рис. 1).

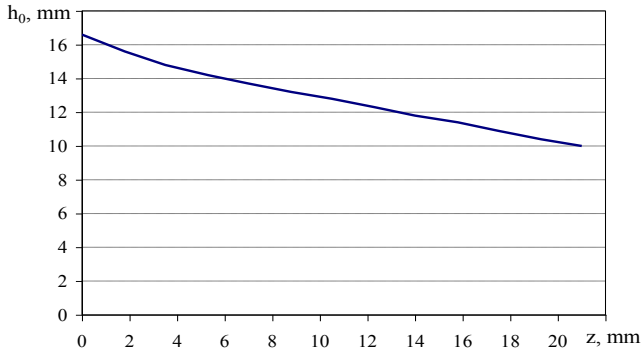


Рисунок 1 – Залежність між товщиною шару нафти на поверхні піску і глибиною просочення

Залежність часу просочення сирової нафти в пісок від глибини просочення апроксимована поліномом, що містить доданки другої і третьої степенів відносно глибини просочення z . Аналіз просочення сирової нафти в пісок свідчить, що глибина просочення і товщина шару рідини на поверхні піску пов'язані лінійно.

На рис. 2 наведено експериментальну залежність часу від глибини просочення та її апроксимацію у вигляді:

$$t(z) \cong az^2 + bz^3 \quad (1)$$

Невідомі коефіцієнти a , b будемо шукати як значення, що забезпечують мінімум суми квадратів відхилень розрахованих за формулою значень часу $t(z_n)$ від експериментальних значень t_n :

$$L = \sum_{i=1}^n (t(z_i) - t_i)^2 \rightarrow \min_{a, b} \quad (2)$$

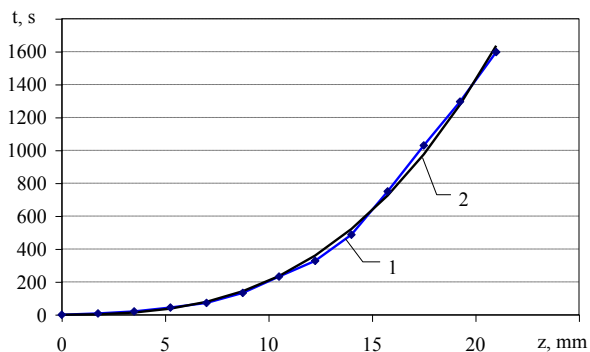


Рисунок 2 – Залежність часу від глибини просочення:
1 – експеримент; 2 – апроксимація

Відносну похибку апроксимації наведено на рис. 3.

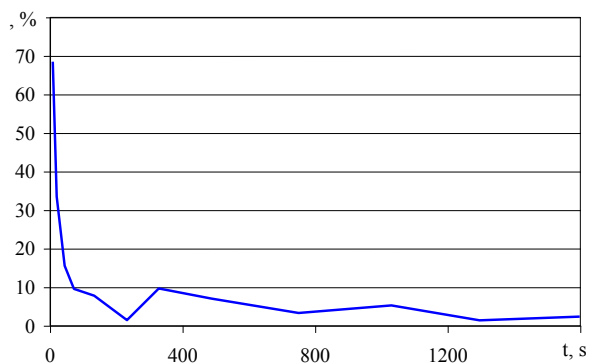


Рисунок 3 – Залежність відносної похибки апроксимації
від часу просочення

Аналіз залежностей на рис. 3 свідчить про те, що після першої хвилини після розливу рідини залежність часу від глибини просочення задовільно апроксимується поліномом (1). Похибка такої апроксимації не перевищує 10% і має тенденцію до спадання із часом.

Перспективи подальших досліджень пов'язані із врахуванням отриманих залежностей в моделі розтікання рідини на ґрунті [3] та моделі горіння розливу горючої рідини [4]. Врахування просочення рідини в ґрунт при її розтіканні і горінні дозволяє уточнити тепловий вплив пожежі на сталеві і бетонні конструкції [5].

Література

1. Т.К. Токунага. Спрощена модель Грін-Ампта, оцінки проникності на основі проникнення та наслідки для витoku при гідравлічному розриві. Дослідження водних ресурсів (2020). doi: 10.1029/2019WR026919.

2. Абрамов Ю., Басманов О., Олійник В. та Хмиров І. (2022). Обґрунтування експериментальної методики визначення параметрів інфільтрації рідини в сипкому матеріалі. Східно-Європейський журнал підприємницьких технологій, 4/10(118), 24–29. doi: 10.15587/1729-4061.2022.262249.

3. Абрамов Ю., Басманов О., Кривцова В., Саламов Я. Моделювання розливу та гасіння палаючого палива на горизонтальній поверхні. Науковий вісник НГУ, 4 (2019) 86-90. doi: 10.29202/nvngu/2019-4/16.

4. Абрамов Ю. А., Басманов О. Є., Михайлюк А. А., Саламов Я. Модель теплового впливу пожежі всередині дамби на нафтовий резервуар. Науковий вісник НГУ, 2 (2018) 95-100. doi: 10.29202/nvngu/2018-2/12.

5. Отрош Ю., Семків О., Рибка Є., Ковальов А. Про необхідність розрахунків сталевих каркасів в умовах температурних впливів. Серія конференцій ІОР: Матеріалознавство та інженерія, 708, 1 (2019).

References

1. T.K. Tokunaga. Simplified Green-Ampt Model, Imbibition-Based Estimates of Permeability, and Implications for Leak-off in Hydraulic Fracturing. Water Resources Research (2020). doi: 10.1029/2019WR026919.

2. Abramov, Y., Basmanov, O., Oliinik, V., & Khmyrov, I. (2022). Justifying the experimental method for determining the parameters of liquid infiltration in bulk material. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 4/10(118), 24–29. doi: 10.15587/1729-4061.2022.262249.

3. Abramov, Yu., Basmanov, O., Krivtsova, V., Salamov, J. Modeling of spilling and extinguishing of burning fuel on horizontal surface. Naukovyi Visnyk NHU, 4 (2019) 86-90. doi: 10.29202/nvngu/2019-4/16.

4. Abramov, Y. A., Basmanov, O. E., Mikhylyuk, A. A., Salamov, J. Model of thermal effect of fire within a dike on the oil tank. Naukovyi Visnyk NHU, 2 (2018) 95-100. doi: 10.29202/nvngu/2018-2/12.

5. Otrosh, Yu., Semkiv, O., Rybka, E., Kovalov, A. About need of calculations for the steel framework building in temperature influences conditions. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 708, 1 (2019).