

JÓZEF GERINGER

Université Technique de Gdańsk
Institut des Constructions Hydrauliques

ÉTUDE NUMÉRIQUE DE L'INFLUENCE DE L'ÉTAT DE LA MER SUR LA PROPAGATION D'ONDES DANS UN CANAL

L'état de la mer influe d'une façon fondamentale sur les phénomènes qui se passent dans les cours d'eau qui s'y jettent. C'est pourquoi il est indispensable pour la gestion ainsi que pour les ingénieurs qui préparent les projets des constructions hydrauliques de prendre ces problèmes en considération.

Les fluctuations de la surface de la mer peuvent être provoquées par divers facteurs: par les marées ou par les vents forts qui soufflent assez longtemps vers le bord.

Il est évident que sur la mer Baltique, séparée de l'océan Atlantique par les détroits danois, les marées ne se forment pas. Par contre, les surélévations à la suite de tempêtes sont observées souvent et provoquent dans la zone littorale une montée d'eau assez importante, qui perturbe d'une façon considérable l'écoulement fluvial vers la mer.

Ce problème concerne la majorité des fleuves polonais qui se jettent dans la mer Baltique et même le canal Piastowski aux environs de Szczecin.

Pour l'estuaire de la Vistule ce problème paraît spécialement important. La Vistule coule dans son dernier tronçon sur une longueur d'une dizaine de kilomètres près du polder de Żuławy. C'est sur ce tronçon qu'on peut le mieux observer les perturbations d'écoulement dans le lit, provoquées par la montée de la mer.

Chaque surélévation de l'eau de mer provoque la formation d'une onde positive d'aval dans le fleuve, qui change essentiellement le caractère initial d'écoulement, non-perturbé. Par suite les mêmes débits se font observer sur des profondeurs beaucoup plus grandes.

C'est pourquoi la connaissance des cotes de la surface de l'eau sur toute la longueur du tronçon examine est indispensable pour la gestion et même pour la préparation des projets. Une estimation incorrecte des cotes

de la surface de l'eau provoquerait le danger du déversement de l'eau par-dessus la crête des digues pendant l'intumescence, ce qui dans le cas du polder de Żuławy présenterait de grands risques.

En dehors de la protection des digues contre le déversement de l'eau, la connaissance des cotes de la surface libre dans le fleuve permet d'évaluer réelement la filtration de l'eau à travers ces digues. L'eau qui traverse les digues produit une humidité supplémentaire des terres cultivées. Il faut souligner que le drainage du polder de Żuławy demande des frais considérables.

La situation devient spécialement dangereuse dans le cas où la surélévation de la mer est simultanée à un autre danger — la crue. Celle — ci peut être aussi provoquée par les pluies et la fonte des neiges qui ont lieu au printemps, ou par les changements de la production d'électricité des centrales hydrauliques. En préparant le programme pour la gestion ou les projets de constructions il faut prendre en considération les deux éléments ci-dessus mentionnés.

Les mêmes problèmes se rapportent à d'autres fleuves qui se jettent dans la Baltique. En ce qui concerne le canal Piastowski, il faut souligner, que la surélévation de la mer provoquée par les tempêtes peut même créer des perturbations dans la navigation sur le tronçon de cette voie important, qui unit le port de Szczecin à la mer Baltique.

Si le changement de la surface dans la zone littorale et le débit à l'amont de l'estuaire ne sont pas brusques, ce qui se passe en général dans le lit du fleuve, le problème peut être traité comme un mouvement non-stationnaire, graduellement varié.

C'est donc le problème classique — décrit par l'équation de St. Venant, qui se présente sous la forme suivante:

$$\frac{\partial H}{\partial x} + \frac{\alpha V}{g} \frac{\partial V}{\partial x} + \frac{1}{g} \frac{\partial V}{\partial t} + S_f = 0 \quad (1)$$

— celle-ci est l'équation dynamique.

La deuxième équation est celle de continuité de l'écoulement qui pour un liquide non-compressible prend la forme suivante:

$$\frac{\partial Q}{\partial x} + \frac{\partial f}{\partial t} = 0 \quad (2)$$

Pour résoudre le système d'équations (1) et (2) il faut tenir compte des conditions initiales présentées sous la forme des fonctions:

$$H(x, t_0); \quad Q(x, t_0)$$

et ensuite des conditions aux limites

$$H(0, t) \quad Q(0, t)$$

$$H(L, t) \quad Q(L, t)$$

Le résultat de la résolution des équations (1) et (2) avec les conditions initiales et avec les conditions aux limites, se présente sous la forme de deux fonctions:

$$H(x, t) \quad Q(x, t)$$

Pour intégrer le système (1) et (2) on applique en général deux méthodes: celle des caractéristiques ou celle des différences finies.

Dans ce cas, pour étudier le problème de la propagation d'ondes de translation dans un canal qui se jette dans la mer, on a appliqué la méthode des différences finies, avec les schémas explicites, présentés dans [1].

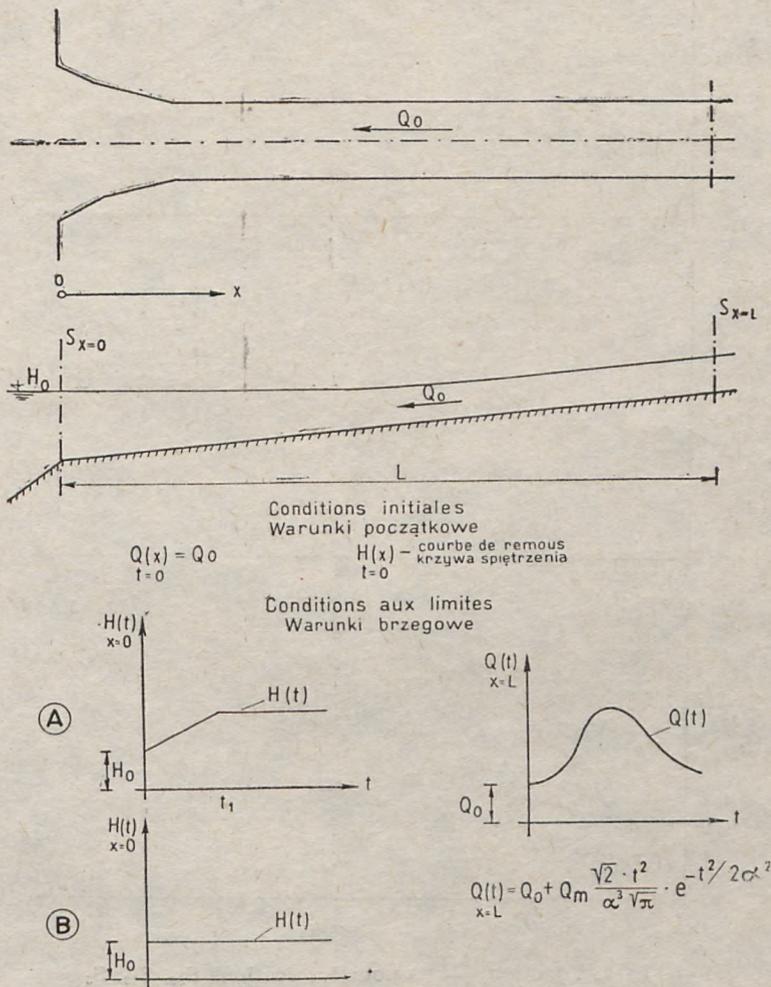


Fig. 1. Issue d'un canal dans la mer, schéma général du problème

Ryc. 1. Ujście kanału do morza, schemat ogólny zadania

Pour examiner l'influence de l'état de la mer sur les phénomènes qui se passent dans le lit d'un canal, on a réalisé deux simulations sur ordinateur de la propagation d'une onde d'amont choisie d'une façon arbitraire. Dans le cas „A” le niveau de la mer reste toujours constant et dans le cas „B” il monte pendant le temps „ t_1 ” d'une façon linéaire et ensuite reste constant.

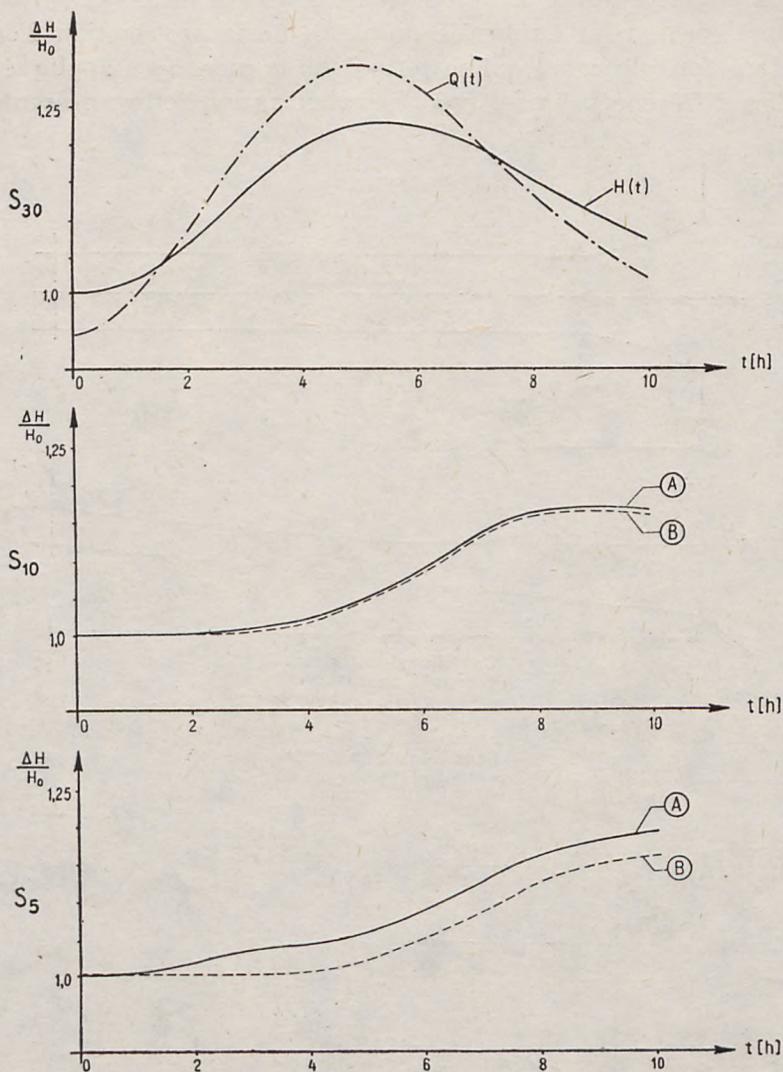


Fig. 2. Fonction $\frac{\Delta H}{H_0}(t)$ pour les sections S_{30} , S_{10} , S_5

Ryc. 2. Funkcja $\frac{\Delta H}{H_0}(t)$ dla przekrojów S_{30} , S_{10} , S_5

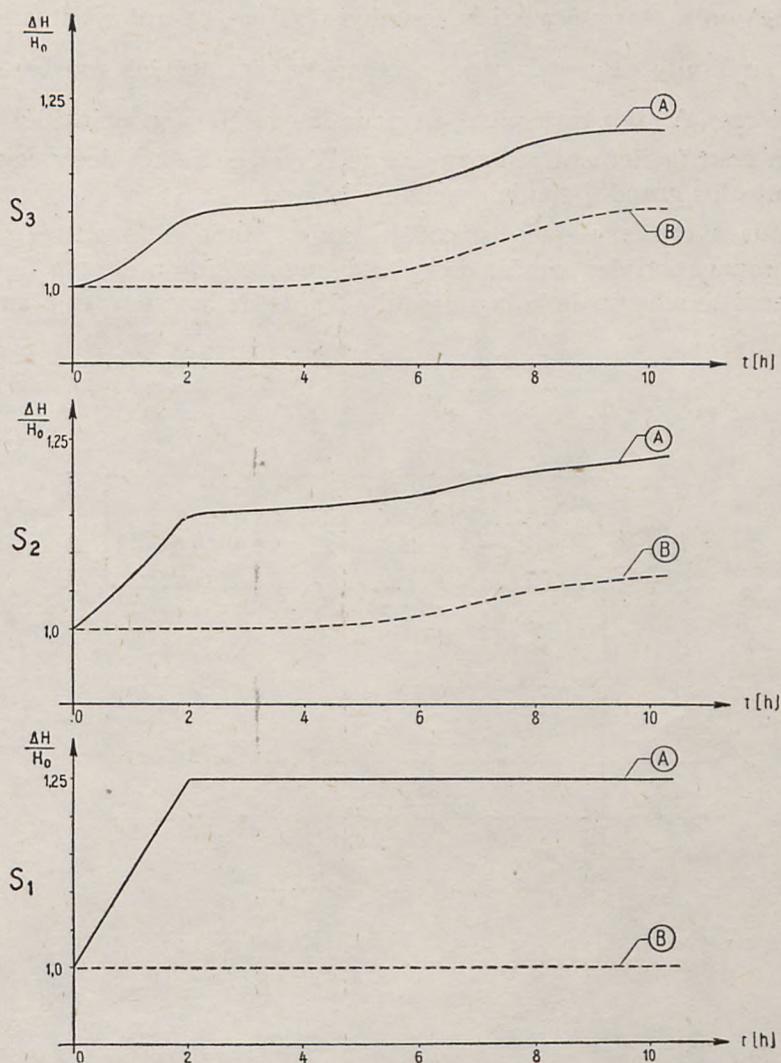


Fig. 3. Fonction $\frac{\Delta H}{H_0}(t)$ pour les sections S_3, S_2, S_1

Ryc. 3. Funkcja $\frac{\Delta H}{H_0}(t)$ dla przekrojów S_3, S_2, S_1

Sur la figure 1 on a présenté le schéma générale du problème et aussi les conditions initiales et celles aux limites pour les deux cas „A” et „B”.

Sur la figure 2 et 3 on a présenté les résultats des calculs sous la forme des courbes de $\frac{\Delta H}{H_0}(t)$ dans six sections du canal. Pour la section d'en-

trée (S_{30}) on a marqué aussi la fonction $Q(t)_{x=L}$ ce qui constitue la condition au limite. Pour d'autres sections on a tracé les courbes $\frac{\Delta H}{H_0}(t)$ pour le cas „A” (en trait plein) et pour la cas „B” (en pointillé).

On peut facilement remarquer que l'écart entre ces deux courbes est d'autant plus grand qu'on approche de la mer.

Nous avons employé ce modèle pour l'étude d'un autre cas, celui de la propagation des marées dans la lagune d'Abidjan. Sur la figure 4 on a présenté le schema de la lagune qui a 80 km de longueur et 2 km de lar-

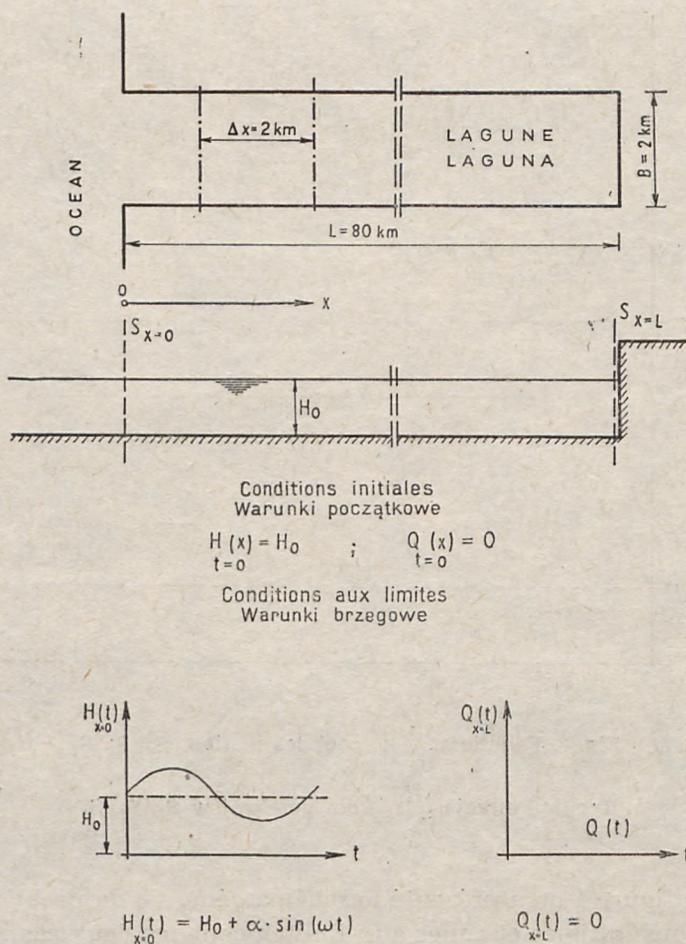


Fig. 4. Propagation d'ondes dans la lagune d'Abidjan, schéma général du problème

Ryc. 4. Rozprzestrzenianie się fali w lagunie Abidjan, schemat ogólny zadania

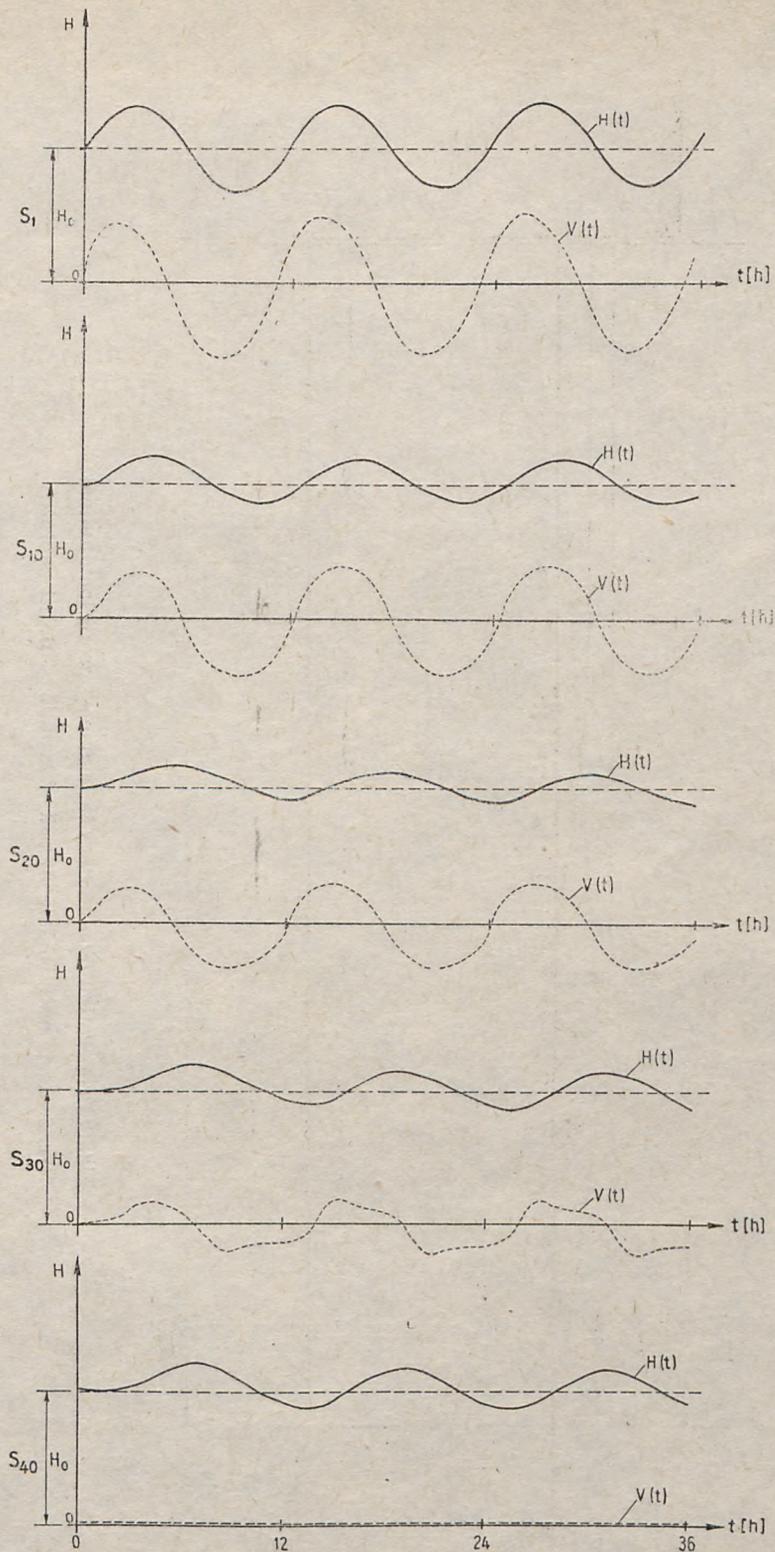


Fig. 5. Propagation d'ondes dans la lagune — fonctions $H(t)$ et $V(t)$
 Ryc. 5. Rozprzestrzenianie się fali w lagunie — funkcje $H(t)$ i $V(t)$

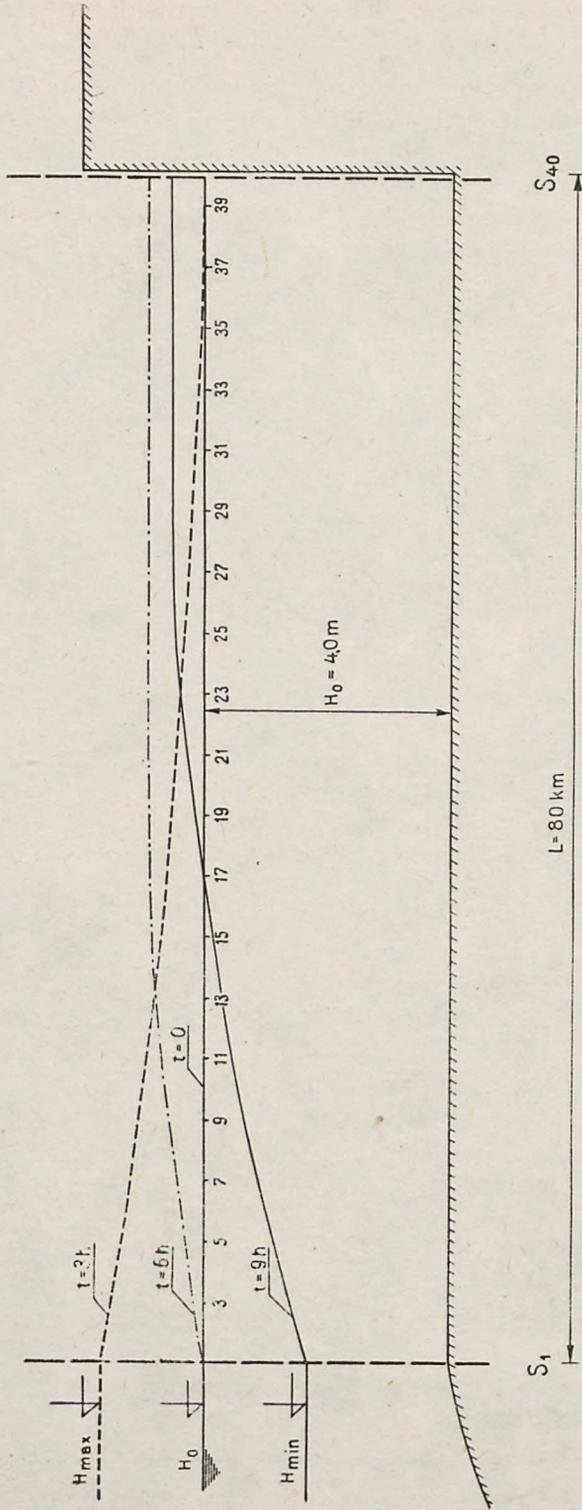


Fig. 6. Propagation d'ondes dans la lagune — profil longitudinal

Ryc. 6. Rozprzestrzenianie się fali w lagunie — profil podłużny

geur et aussi les conditions initiales-hydrostatiques, c'est à dire la profondeur constante H_0 et débit $Q_0 = 0$.

Les résultats du calcul du mouvement non-stationnaire de l'eau dans la lagune avec les conditions aux limites marquées aussi sur la figure 4, ont été présentés sur la figure 5 et 6. Sur la figure 5 on a marqué les courbes des profondeurs et des vitesses (en pointillé) dans les sections extrêmes et intermédiaires. Les profils longitudinaux de la lagune présentés sur la figure 6 montrent l'état de la surface libre à marée haute et à marée basse.

Ces deux exemples montrent l'étendue des possibilités d'application à la réalité des méthodes numériques.

JÓZEF GERINGER
Politechnika Gdańska
Instytut Hydrotechniki

BADANIA WPŁYWU STANU MORZA NA PRZEJŚCIE FALI POWODZIOWEJ W RZECE

Streszczenie

W komunikacie przedstawiono wyniki symulacji na maszynie cyfrowej zjawiska rozprzestrzeniania się fali powodziowej w rzece uchodzącej do morza przy równoczesnym wystąpieniu spiętrzenia sztormowego w strefie litoralnej morza. Problem ten dotyczy większości rzek polskich, a szczególnie kanału Piastowskiego łączącego Szczecin z Bałtykiem.

Do obliczeń zastosowano model matematyczny oparty na numerycznym rozwiązaniu równań ruchu nie ustalonego, wolnozmiennego w kanale otwartym z zastosowaniem jawnych schematów numerycznych.

Opisana metoda może być przydatna w projektowaniu i eksploatacji urządzeń hydrotechnicznych i w gospodarce wodnej.

Przytoczono również przykład zastosowania modelu matematycznego do obliczenia ruchu nie ustalonego w lagunie Abidjan, traktowanego jako zagadnienie jednowymiarowe.

JÓZEF GERINGER

Gdańsk Technical University
Institute of Hydro-Engineering — Gdańsk

INVESTIGATIONS ON THE INFLUENCE OF SEA STATE ON THE COURSE OF A RIVER FLOOD WAVE

Summary

The paper presents the results of the simulation, by means of a computer, of the propagation of a flood wave in a river with an outflow to the sea, with a simultaneous storm swell in the littoral zone of the sea. This problem concerns most of Poland's rivers and particularly the Piastowski channel joining Szczecin to the Baltic.

A mathematical model based on the numerical solution of equations for transient, slow-changing motion in an open channel, was applied, using explicit numerical schemes.

The method described may be useful in designing and operating hydro-engineering equipment and for water economy.

An example has also been given of the application of a mathematical model to calculate the transient motion in Abidjan lagoon, treating this as a one-dimensional problem.

BIBLIOGRAPHIE

LITERATURA

1. Geringer J., *Etude de l'influence des paramètres hydrauliques du canal sur la propagation des ondes de gravitation*, Archiwum Hydrotechniki 3, 1974.