

3. Нейлор К. Как построить свою экспертную систему: Пер. с англ. – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 287 с.
4. Раскин Л.Г. Серая О.В. Прогнозирование состояния объектов на основе оценок, формируемых экспертной системой // Вестник ХГПУ. – 2000. – № 122, ч.2. – С. 184-186.
5. Раскин Л.Г., Серая О.В. Прогнозирование состояния динамических объектов с использованием экспертных систем // Вестник ХГПУ. – 1999. – № 35. – С.22-25.
6. Серая О.В. Модели и информационные технологии оценки и прогнозирования состояния многомерных динамических объектов в условиях нечетких входных данных: Дис. канд. техн. наук: 05.13.06. – Х., 2001. – 251 с.
7. Серая О.В., Фищукова Н.В. Нечеткая байесова экспертная система.
8. Ярушкина Н.Г. Основы теории нечетких и гибридных систем. – М.: Финансы и статистика, 2004. – 320с.
9. Осовский С. Нейронные сети для обработки информации: Пер. с польск. – М.: Финансы и статистика, 2004. – 344 с.

Розроблено алгоритм моделювання руху транспортного засобу і-тою характерною однорідною ділянкою, у якому підсумовано, враховано і розвинуто доробки робіт [1 – 3], а також доведено їх до практичного використання

Ключові слова: алгоритм, моделювання, рух транспортного засобу

Разработан алгоритм моделирования движения транспортного средства i-тым характерным однородным участком, в котором подытожены, учтены и развиты заделы работ [1 – 3], и доведены до практического использования

Ключевые слова: алгоритм, моделирование, движение транспортного средства

It is developed algorithm of modeling of movement of a vehicle by i characteristic homogeneous site in which it is summed up, considered and developed reserves of works [1 – 3], and also they are finished to practical

Keywords: algorithm, simulation, traffic

УДК 656.13

АЛГОРИТМ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ДОРОЖНЬОГО РУХУ ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ

Д.М. Самісько

Асистент

Кафедра «Транспортні технології»

Автомобільно-дорожній інститут Державного вищого
навчального закладу Донецький національний технічний
університет

вул. Кірова, 51, м. Горлівка, Донецька область, Україна,
84646

Контактний тел.: 050-285-00-06

E-mail: sdn1982@yandex.ru

1. Вступ

Дана стаття є розвитком досліджень в галузі системного багатофакторного дослідження продуктивності кар'єрного автомобіля-самоскида.

В роботі [1] було доведено, що багатофакторного дослідження продуктивності кар'єрного автомобіля-самоскида є можливим за умови розробки комп'ютерної програми, що моделює процес перевезення. Першим кроком на шляху розробки даної програми є розробка алгоритму моделювання процесу дорожнього руху транспортного засобу і-тою характерною однорідною ділянкою маршруту.

В роботі [2] було розроблено модель процесу дорожнього руху транспортного засобу і-тою характерною однорідною ділянкою маршруту з урахуванням не тільки технічних характеристик автомобіля і умов дорожнього руху, але й довжини характерної одно-

рідної ділянки, максимально можливих прискорень і уповільнень автомобіля та значень його швидкостей на попередній та наступній характерних однорідних ділянках.

В даній роботі розробимо алгоритм, що моделює процес дорожнього руху транспортного засобу і-тою характерною однорідною ділянкою маршруту.

2. Основна частина

Дане дослідження є логічним продовженням досліджень [2] та [3], а тому в алгоритмі використовуються вихідні дані з роботи [3] та такі поняття, як:

1) розрахункове прискорення транспортного засобу на і-тій характерній однорідній ділянці, $a_{розр,i}$, км/год², яке визначається за формулою [2]:

$$a_{розр.i} = \frac{\min V_i^2 - V_{i\text{почат.}}^2}{2 \cdot l_i}, \text{ км/год}^2; \quad (1)$$

2) максимально можливе прискорення транспортного засобу a_{\max} , км/год²;

3) скореговане за допомогою коефіцієнта зниження максимально можливого прискорення $k_{з.а\max}$ значення максимально можливого прискорення, a_{\max} , км/год² [2];

4) максимально можливе уповільнення транспортного засобу – a_{\min} , км/год²;

5) скореговане за допомогою коефіцієнта зниження максимально можливого уповільнення $k_{з.а\min}$ значення максимально можливого уповільнення – a_{\min}^* , км/год² [2];

6) мінімальна з максимально можливих швидкостей за умов безпеки дорожнього руху і-тою характерною однорідною ділянкою ($\min V_i$, км/год) [1];

7) швидкість транспортного засобу на початку і-тої характерної однорідної ділянки, $V_{i\text{почат.}}$, км/год [2];

8) швидкість транспортного засобу наприкінці і-тої характерної однорідної ділянки, $V_{i\text{кінц.}}$, км/год [2];

9) швидкість транспортного засобу на і-тій характерній однорідній ділянці, V_i , км/год [2];

10) прискорення $a_{розр.i}^*$, км/год², рухаючись з яким протягом всієї довжини характерної однорідної ділянки (l_i , км) транспортний засіб прискориться від швидкості $V_{i\text{почат.}}$ до $\min V_{i+1}$ і яке розраховується за формулою [2]:

$$a_{розр.i}^* = \frac{\min V_{i+1}^2 - V_{i\text{почат.}}^2}{2 \cdot l_i}, \text{ км/год}^2. \quad (2)$$

Слід зазначити, що схема алгоритму, що наведена в даній роботі є частиною алгоритму моделювання руху транспортного засобу маршрутом, що складається з n характерних однорідних ділянок.

Схема алгоритму моделювання руху транспортного засобу і-тою характерною однорідною ділянкою оформлена згідно вимог діючого стандарту [4] та наведена на рис. 1 – 3.

На рис. 1 наведено частину алгоритму моделювання процесу дорожнього руху транспортного засобу і-тою характерною однорідною ділянкою маршруту за умови, що $\min V_i \leq \min V_{i+1}$. На рис. 2 – частину алгоритму моделювання процесу дорожнього руху транспортного засобу і-тою характерною однорідною ділянкою маршруту за умови, що $\min V_i > \min V_{i+1}$ та $a_{розр.i}^* > 0$, а на рис. 3 – частину алгоритму моделювання процесу дорожнього руху транспортного засобу і-тою характерною однорідною ділянкою маршруту за умови, що $\min V_i > \min V_{i+1}$ та $a_{розр.i}^* \leq 0$.

Позначка А на рис. 1 являє собою з'єднувач в єдине ціле тієї частини загального алгоритму моделювання процесу дорожнього руху транспортного засобу, що розробляється в даній роботі з тією його частиною, що була розроблена в роботі [2], та частиною алгоритму, що моделює руху транспортного засобу першою характерною однорідною ділянкою (у даній роботі не розглядається).

В блоці 1 здійснюється перевірка умови, чи не є ця ділянка останньою на маршруті (адже алгоритм моделювання руху останньою характерною однорідною ділянкою є таким, що відрізняється від алгорит-

му моделювання руху і-тою характерною однорідною ділянкою). Якщо умова виконується, то це означає, що моделюванню підлягає і-та характерна однорідна ділянка (яка не є першою та останньою на маршруті) і тому алгоритм спрямовується до блоку 2. У іншому випадку – до з'єднувача Б.

В блоці 2 для і-тої характерної однорідної ділянки, за умовами моделювання, швидкість на початку цієї ділянки $V_{i\text{почат.}}$ прирівнюється швидкості наприкінці попередньої ділянки $V_{i-1\text{кінц.}}$ (адже перехід від однієї характерної однорідної ділянки до наступної під час дійсного руху транспортного засобу відбувається без стрибка зміни його швидкості).

В блоці 3 здійснюється перевірка умови, чи є максимально можлива швидкість руху транспортного засобу на характерній однорідній ділянці з номером $i+1$ більшою, або такою, що дорівнює його максимально можливій швидкості на і-тій характерній однорідній ділянці. Якщо умова виконується, то це означає, що з умов безпеки руху транспортний засіб має технічну можливість досягти наприкінці і-тої характерної однорідної ділянки швидкість, яка є меншою або дорівнює швидкості $\min V_i$, і тому алгоритм спрямовується до блоку 4. У іншому випадку – до з'єднувача В.

В блоці 4 для і-тої характерної однорідної ділянки за формулою (1) визначається значення розрахункового прискорення $a_{розр.i}$.

В блоці 5 здійснюється перевірка умови, чи є розрахункове прискорення транспортного засобу на і-тій характерній однорідній ділянці $a_{розр.i}$ більшим за 0. Якщо умова виконується, то це означає, що рух транспортного засобу і-тою характерною однорідною ділянкою є рівноприскореним та алгоритм спрямовується до блоку 6. У іншому випадку – до блоку 18.

В блоці 6 здійснюється перевірка умови, чи є значення розрахункового прискорення, яке було визначено в блоці 4 більшим, або таким, що дорівнює значенню скорегованого максимально можливого прискорення a_{\max}^* . Якщо умова виконується, то це означає, що швидкість $\min V_i$ є недосяжною для транспортного засобу на і-тій характерній ділянці (якщо $a_{розр.i} > a_{\max}^*$), або досягається у разі рівноприскореного руху з прискоренням $a_{розр.i} = a_{\max}^*$ протягом всієї довжини характерної однорідної ділянки l_i , і тому алгоритм спрямовується до блоку 7. У іншому випадку – до блоку 12.

В блоці 7 для і-тої характерної однорідної ділянки визначається значення швидкості $V_{i\text{кінц.}}$, яке буде досягнуто транспортним засобом за умови, що він буде здійснювати рівноприскорений (з прискоренням a_{\max}^*) рух на ділянці довжиною l_i . Швидкість $V_{i\text{кінц.}}$ визначається за формулою [2]:

$$V_{i\text{кінц.}} = \sqrt{V_{i\text{почат.}}^2 + 2 \cdot a_{\max}^* \cdot l_i}, \text{ км/год}. \quad (3)$$

Внаслідок того, що швидкість $V_{i\text{кінц.}}$ в блоці 7 була визначена за умови рівноприскореного (з прискоренням a_{\max}^*) руху транспортного засобу на ділянці довжиною l_i , то в блоці 8 приймається, що довжина шляху прискорення на і-тій характерній однорідній ділянці $S_{приск.i}$ дорівнює довжині цієї ділянки l_i .

Внаслідок того, що в блоці 8 було встановлено, що вся довжина і-тої характерної однорідної ділян-

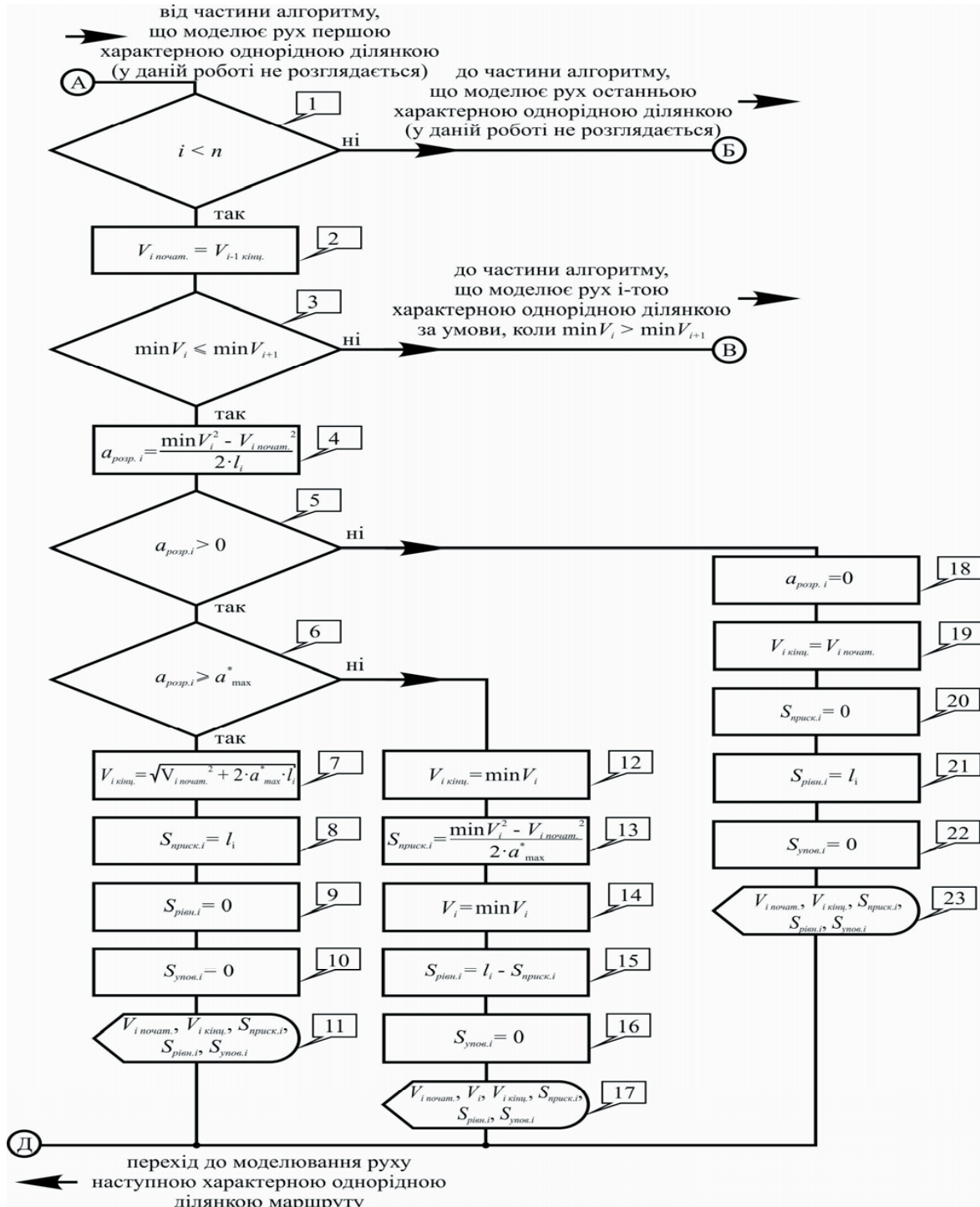


Рис. 1. Алгоритм моделювання процесу дорожнього руху транспортного засобу і-тою характерною однорідною ділянкою маршруту за умови, що $\min V_i \leq \min V_{i+1}$

ки використовується для рівноприскореного руху, то в блоці 9 приймається, що шлях $S_{\text{рівн. } i}$, протягом якого транспортний засіб здійснює рівномірний рух і-тою характерною однорідною ділянкою, відсутній, а в блоці 10 приймається, що шлях $S_{\text{упов. } i}$, протягом якого транспортний засіб здійснює уповільнений рух і-тою характерною однорідною ділянкою, також відсутній.

В блоці 11 здійснюється вивід на екран комп'ютеру значень $V_{i \text{ почат.}}$, $V_{i \text{ кінц.}}$, $S_{\text{приск. } i}$, $S_{\text{рівн. } i}$ та $S_{\text{упов. } i}$, які були отримані відповідно в блоках 2, 7, 8, 9 та 10.

Якщо в блоці 6 було встановлено, що $a_{\text{розр. } i} < a_{\text{max}}^*$, то це означає, що у разі рівноприскореного руху транспортного засобу з прискоренням $a_{\text{розр. } i}$ наприкінці і-тої характерної однорідної ділянки (або навіть раніше) буде досягнута швидкість $\min V_i$. Тому в блоці 12 для і-тої характерної однорідної ділянки значення швидкості $V_{i \text{ кінц.}}$ прирівнюється до максимально можливої швидкості $\min V_i$ на цій і-тій характерній однорідній ділянці.

В блоці 13 для і-тої характерної однорідної ділянки визначається значення шляху прискорення $S_{\text{приск. } i}$.

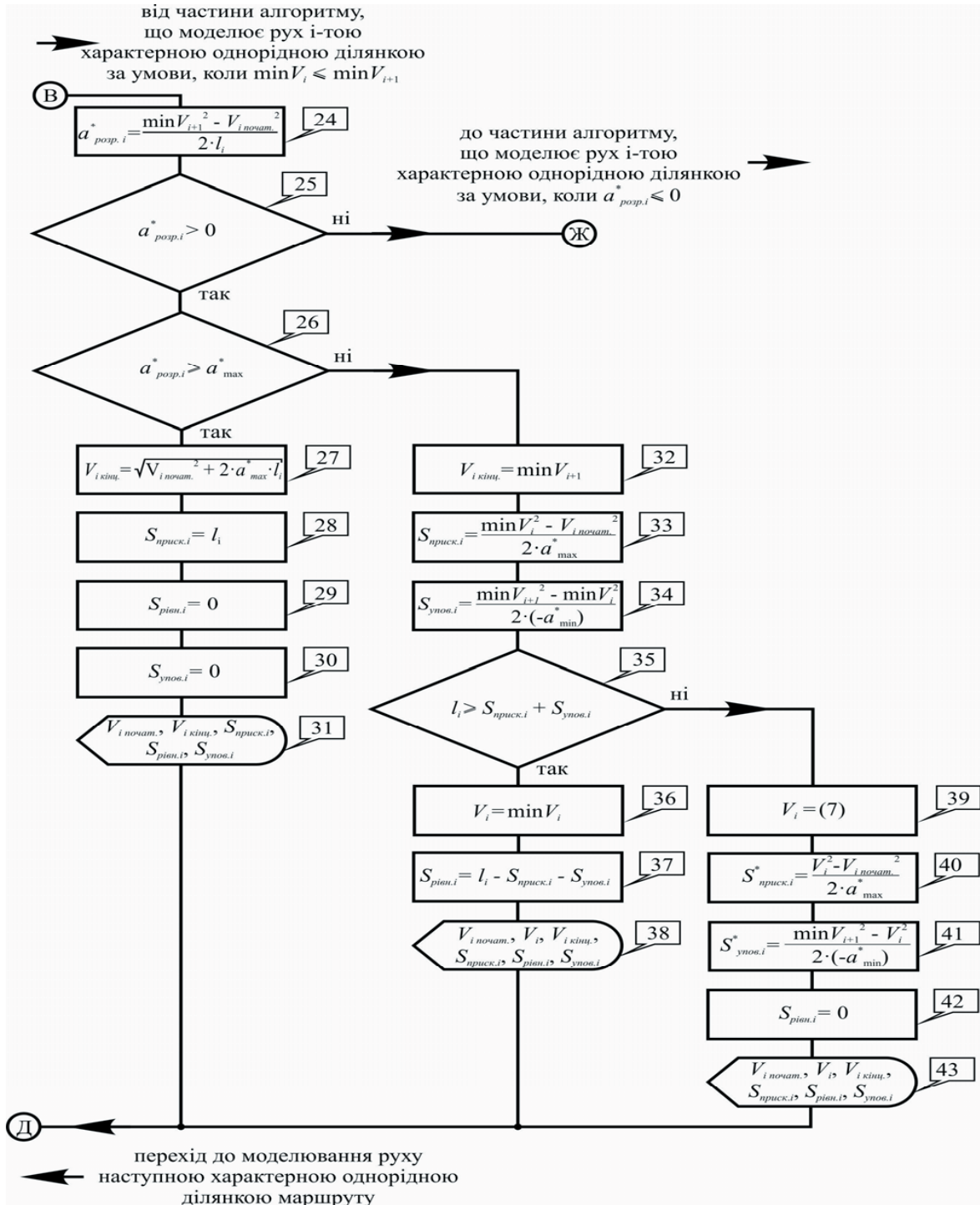


Рис. 2. Алгоритм моделювання процесу дорожнього руху транспортного засобу i-тою характерною однорідною ділянкою маршруту за умови, що $\min V_i > \min V_{i+1}$ та $a^*_{розр,i} > 0$

Шлях прискорення $S_{приск,i}$ визначається за формулою [2]:

$$S_{приск,i} = \frac{\min V_i^2 - V_{i_почат.}^2}{2 \cdot a^*_{max}}, \text{ км}; \quad (4)$$

Якщо швидкість $\min V_i$ досягається транспортним засобом ще до завершення довжини i-тої характерної однорідної ділянки, то залишок її довжини він буде здійснювати рівномірний рух зі швидкістю $\min V_i$. Тому в блоці 14 слід прирівняти швидкість V_i , з якою транспортний засіб буде здійснювати рівномірний рух

i-тою характерною однорідною ділянкою, максимальної можливої швидкості $\min V_i$ на цій i-тій характерній однорідній ділянці.

В блоці 15 для i-тої характерної однорідної ділянки визначається значення шляху протягом якого транспортний засіб здійснює рівномірний рух $S_{рівн,i}$. При цьому, довжина шляху рівномірного руху дорівнює довжині i-тої характерної однорідної ділянки l_i за винятком довжини шляху прискорення на цій ділянці $S_{приск,i}$, який було вже визначено в блоці 13.

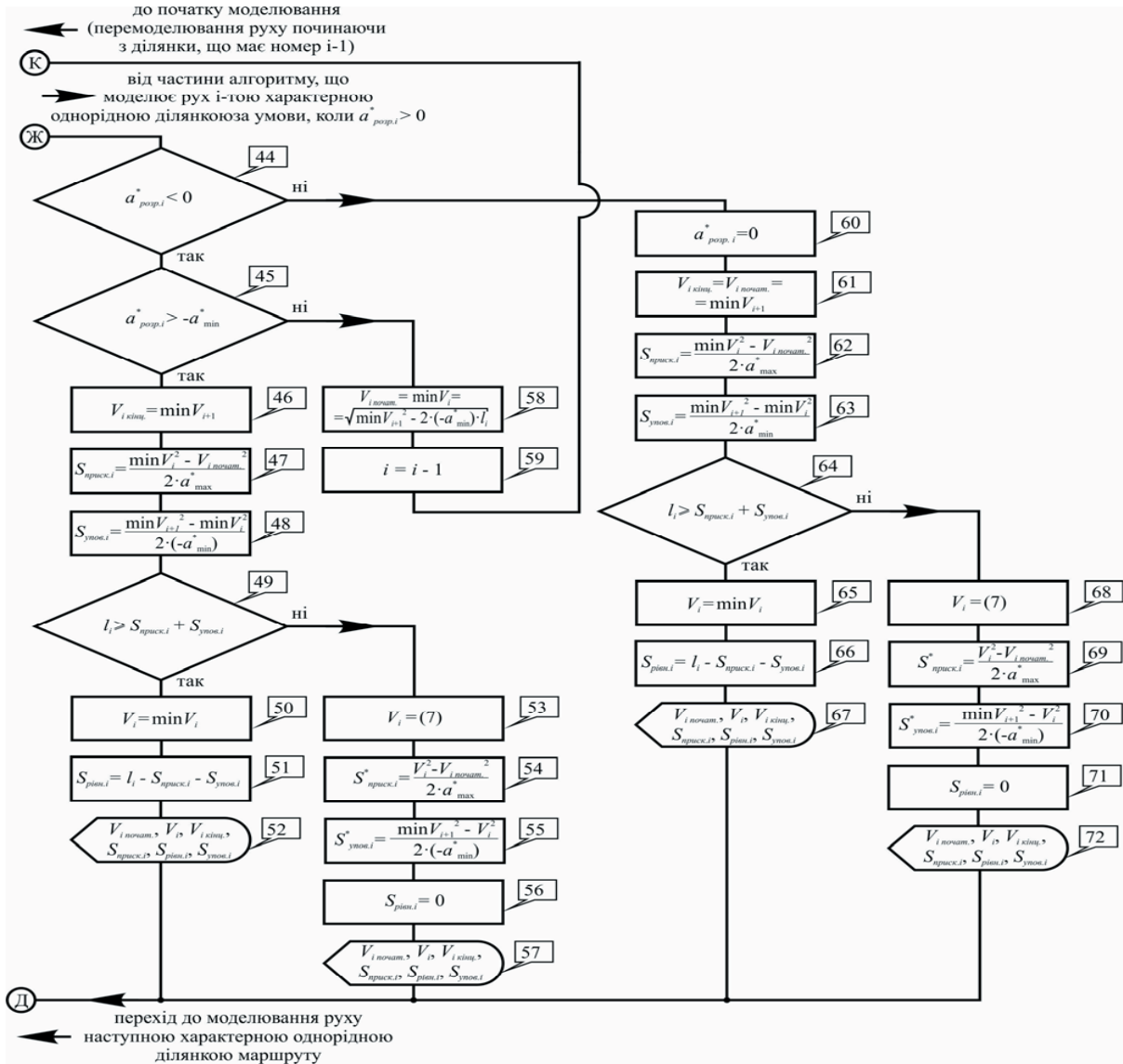


Рис. 3. Алгоритм моделювання процесу дорожнього руху транспортного засобу i-тою характерною однорідною ділянкою маршруту за умови, що $\min V_i > \min V_{i+1}$ та $a_{розр,i}^* \leq 0$

Як було зазначено в блоці 15, вся довжина i-тої характерної однорідної ділянки використовується для рівноприскореного та рівномірного руху транспортного засобу.

Тому в блоці 16 приймається, що шлях $S_{упов,i}$, протягом якого транспортний засіб здійснює уповільнений рух i-тою характерною однорідною ділянкою, відсутній.

В блоці 17 здійснюється вивід на екран комп'ютеру значень $V_{i\text{почат.}}$, $V_{i\text{кінц.}}$, $S_{приск,i}$, V_i , $S_{рівн,i}$ та $S_{упов,i}$, які були отримані відповідно в блоках 2, 12, 13, 14, 15 та 16.

Якщо в блоці 5 було встановлено, що умова $a_{розр,i} > 0$ не виконується, то це означає, що $a_{розр,i}^* = 0$ (негативне значення $a_{розр,i}^*$ приймати не може, адже з умов безпеки руху транспортний засіб не може розвинути на i-тій характерній однорідній ділянці швидкість, що є більшою за $\min V_i$ і, відповідно, уповільнитись від цієї швидкості до $\min V_i$ він також не може), і тому в блоці 18 значення розрахункового прискорення $a_{розр,i}^*$ для i-тої характерної однорідної ділянки прирівнюється 0.

Внаслідок того, що в блоці 18 $a_{розр,i}^*$ було прирівняне 0, то рух i-тою характерною однорідною ділянкою є рівномірним, і тому в блоці 19 слід прирівняти швидкість наприкінці цієї ділянки $V_{i\text{кінц.}}$ значенню швидкості $V_{i\text{почат.}}$ на її початку, в блоці 20 – прирівняти 0 довжину шляху прискорення для цієї ділянки $S_{приск,i}$, в блоці 21 – прирівняти довжину ділянки l_i та довжину шляху, протягом якого транспортний засіб здійснює рівномірний рух нею, $S_{рівн,i}$, а в блоці 22 – прирівняти 0 довжину шляху, протягом якого транспортний засіб здійснює уповільнений рух нею, $S_{упов,i}$.

В блоці 23 здійснюється вивід на екран комп'ютеру значень $V_{i\text{почат.}}$, $V_{i\text{кінц.}}$, $S_{приск,i}$, $S_{рівн,i}$ та $S_{упов,i}$, які були отримані відповідно в блоках 2, 19, 20, 21 та 22.

В блоці 24 для i-тої характерної однорідної ділянки за формулою (2) визначається значення розрахункового прискорення $a_{розр,i}^*$.

В блоці 25 здійснюється перевірка умови, чи є розрахункове прискорення транспортного засобу на i-тій характерній однорідній ділянці $a_{розр,i}^*$ яке було визначене в блоці 24, більшим за 0. Якщо умова виконується,

то це означає, що надалі буде моделюватись рівноприскорений рух, і тому алгоритм спрямовується до блоку 26. У іншому випадку – до з'єднувача Ж.

В блоці 26 здійснюється перевірка умови, чи є значення розрахункового прискорення, яке було визначено в блоці 24 більшим, або таким, що дорівнює значенню скорегованого максимального можливого прискорення a_{max}^* . Якщо умова виконується, то це означає, що швидкість $\min V_{i+1}$ є недосяжною для транспортного засобу на i -тій характерній ділянці (якщо $a_{розр.i}^* > a_{max}^*$), або досягається у разі рівноприскореного руху з прискоренням $a_{розр.i}^* = a_{max}^*$ протягом всієї довжини характерної однорідної ділянки l_i , і тому алгоритм спрямовується до блоку 27. У іншому випадку – до блоку 32.

В блоці 27 для i -тої характерної однорідної ділянки за формулою (3) визначається значення швидкості $V_{i\text{кінц.}}$, яке буде досягнуте транспортним засобом за умови, якщо він буде здійснювати рівноприскорений (з прискоренням a_{max}^*) рух на ділянці довжиною l_i .

Внаслідок того, що швидкість $V_{i\text{кінц.}}$ в блоці 27 була визначена за умови рівноприскореного (з прискоренням a_{max}^*) руху транспортного засобу на ділянці довжиною l_i , то в блоці 28 приймається, що довжина шляху прискорення на i -тій характерній однорідній ділянці $S_{приск.i}$ дорівнює довжині цієї ділянки l_i .

Внаслідок того, що в блоці 28 було встановлено, що вся довжина i -тої характерної однорідної ділянки використовується для рівноприскореного руху, то в блоці 29 приймається, що шлях $S_{рівн.i}$, протягом якого транспортний засіб здійснює рівномірний рух i -тою характерною однорідною ділянкою відсутній, а в блоці 30 приймається, що шлях $S_{упов.i}$, протягом якого транспортний засіб здійснює уповільнений рух i -тою характерною однорідною ділянкою, також відсутній.

В блоці 31 здійснюється вивід на екран комп'ютеру значень $V_{i\text{почат.}}$, $V_{i\text{кінц.}}$, $S_{приск.i}$, $S_{рівн.i}$ та $S_{упов.i}$, які були отримані в блоках 2, 27, 28, 29 та 30 відповідно.

Якщо в блоці 26 було встановлено, що $a_{розр.i}^* < a_{max}^*$, то це означає, що транспортний засіб на ділянці довжиною l_i має технічну можливість прискоритись від швидкості $V_{i\text{почат.}}$ до $\min V_i$ (або меншої за неї), здійснити рівномірний рух з цією швидкістю (якщо довжина ділянки є достатньою для цього) та уповільнитись від цієї швидкості до швидкості $\min V_{i+1}$. Тому в блоці 32 приймається, що для i -тої характерної однорідної ділянки значення швидкості $V_{i\text{кінц.}}$ дорівнює максимально можливій швидкості на характерній однорідній ділянці з номером $i+1$.

В блоці 33 для i -тої характерної однорідної ділянки за формулою (4) визначається значення шляху $S_{приск.i}$, на якому транспортний засіб рухається з прискоренням.

В блоці 34 для i -тої характерної однорідної ділянки визначається значення шляху уповільнення $S_{упов.i}$. Шлях уповільнення $S_{упов.i}$ визначається за формулою [2]:

$$S_{упов.i} = \frac{\min V_{i+1}^2 - \min V_i^2}{2 \cdot (-a_{min}^*)}, \text{ км.} \quad (5)$$

В блоці 35 здійснюється перевірка умови, чи є значення довжини i -тої характерної однорідної ділянки l_i більшим, або таким, що дорівнює сумі шляху при-

скорення $S_{приск.i}$, визначеного в блоці 33, та шляху уповільнення $S_{упов.i}$, визначеного в блоці 34. Якщо умова виконується, то це означає, що довжина ділянки є достатньою для прискорення транспортного засобу від швидкості $V_{i\text{почат.}}$ до $\min V_i$, здійснення рівномірного руху з цією швидкістю та уповільнитись від неї до швидкості $\min V_{i+1}$, і тому алгоритм спрямовується за гілкою до блоку 36. У іншому випадку – за гілкою до блоку 39.

Якщо в блоці 35 була встановлена можливість здійснення рівномірного руху i -тою характерною ділянкою, то в блоці 36 слід прирівняти швидкість V_i , з якою транспортний засіб буде здійснювати рівномірний рух i -тою характерною однорідною ділянкою, максимально можливій швидкості $\min V_i$ на цій i -тій характерній однорідній ділянці.

В блоці 37 для i -тої характерної однорідної ділянки визначається значення шляху протягом якого транспортний засіб здійснює рівномірний рух $S_{рівн.i}$. Шлях протягом якого транспортний засіб здійснює рівномірний рух $S_{рівн.i}$ визначається за формулою [2]:

$$S_{рівн.i} = l_i - (S_{приск.i} + S_{упов.i}), \text{ км.} \quad (6)$$

В блоці 38 здійснюється вивід на екран комп'ютеру значень $V_{i\text{почат.}}$, $V_{i\text{кінц.}}$, $S_{приск.i}$, $S_{упов.i}$, V_i та $S_{рівн.i}$ які були отримані відповідно в блоках 2, 32, 33, 34, 36 та 37.

Якщо в блоці 35 було встановлено, що довжина i -тої характерної однорідної ділянки є недостатньою для здійснення рівноприскореного руху від швидкості $V_{i\text{почат.}}$ до $\min V_i$ та рівноуповільненого руху від швидкості $\min V_i$ до $\min V_{i+1}$, то в блоці 39 для i -тої характерної однорідної ділянки визначається значення швидкості V_i до якої транспортний засіб зможе прискоритись з прискоренням a_{max}^* та від якої зможе уповільнитись до швидкості $\min V_{i+1}$ з уповільненням – a_{min}^* . Швидкість V_i визначається за формулою [2]:

$$V_i = \sqrt{\frac{2 \cdot a_{max}^* \cdot (-a_{min}^*) \cdot l_i + (-a_{min}^*) \cdot V_{i\text{почат.}}^2 - a_{max}^* \cdot \min V_{i+1}^2}{-a_{min}^* - a_{max}^*}}, \text{ км.} \quad (7)$$

В блоці 40 для i -тої характерної однорідної ділянки визначається значення шляху прискорення $S_{приск.i}^*$. Шлях прискорення $S_{приск.i}^*$ визначається за формулою [2]:

$$S_{приск.i}^* = \frac{V_i^2 - V_{i\text{почат.}}^2}{2 \cdot a_{max}^*}, \text{ км.} \quad (8)$$

В блоці 41 для i -тої характерної однорідної ділянки визначається значення шляху уповільнення $S_{упов.i}^*$. Шлях уповільнення $S_{упов.i}^*$ визначається за формулою [2]:

$$S_{упов.i}^* = \frac{\min V_{i+1}^2 - V_i^2}{2 \cdot (-a_{min}^*)}, \text{ км.} \quad (9)$$

Внаслідок того, що довжина i -тої характерної однорідної ділянки є достатньою лише для рівноприскореного та рівноуповільненого рухів, то в блоці 42 приймається, що шлях $S_{рівн.i}$, протягом якого транспортний засіб здійснює рівномірний рух i -тою характерною однорідною ділянкою, відсутній.

В блоці 43 здійснюється вивід на екран комп'ютеру значень $V_{i\text{почат.}}$, $V_{i\text{кінц.}}$, V_i , $S_{приск.i}^*$, $S_{упов.i}^*$ та $S_{рівн.i}$ які були отримані відповідно в блоках 2, 32, 39, 40, 41 та 42.

В блоці 44 здійснюється перевірка умови, чи є розрахункове прискорення транспортного засобу на i -тій характерній однорідній ділянці $a_{розр,i}^*$, яке було визначене в блоці 24, меншим за 0. Якщо умова виконується, то це означає, що надалі буде моделюватись рівноуповільнений рух, і тому алгоритм спрямовується до блоку 45, а у іншому випадку – до блоку 60.

В блоці 45 здійснюється перевірка умови, чи є значення розрахункового прискорення, яке було визначене в блоці 24, більшим за значення скорегованого максимально можливого уповільнення – $a_{мін}^*$. Якщо умова виконується, то це означає, що транспортний засіб має технічну можливість на ділянці довжиною l_i уповільнитись від швидкості $V_{і\text{почат.}}$ до $V_{і\text{кінц.}} = \min V_{i+1}$ не перевищуючи при цьому його максимально можливого уповільнення, і тому алгоритм спрямовується до блоку 46, а у іншому випадку – до блоку 58.

Якщо в блоці 45 було встановлено, що $a_{розр,i}^* > -a_{мін}^*$, то це означає, що транспортний засіб на ділянці довжиною l_i має технічну можливість уповільнитись від швидкості $V_{і\text{почат.}}$ до $\min V_{i+1}$. Тому в блоці 46 приймається, що для i -тої характерної однорідної ділянки значення швидкості $V_{і\text{кінц.}}$ дорівнює максимально можливій швидкості $\min V_{i+1}$ на характерній однорідній ділянці з номером $i+1$.

До того ж, якщо виконується нерівність $a_{розр,i}^* > -a_{мін}^*$, то транспортний засіб має технічну можливість на ділянці довжиною l_i спочатку прискоритись від швидкості $V_{і\text{почат.}}$ до $\min V_i$, а потім уповільнитись від $\min V_i$ до $\min V_{i+1}$. Саме тому в блоці 47 для i -тої характерної однорідної ділянки, за формулою (4), визначається значення шляху прискорення $S_{приск,i}$, а в блоці 48 – за формулою (5) визначається значення шляху уповільнення $S_{упов,i}$.

В блоці 49 здійснюється перевірка умови, чи є значення довжини i -тої характерної однорідної ділянки l_i більшим, або таким, що дорівнює сумі шляху прискорення $S_{приск,i}$, визначеного в блоці 47, та шляху уповільнення $S_{упов,i}$, визначеного в блоці 48. Якщо умова виконується, то це означає, що довжина ділянки є достатньою для прискорення транспортного засобу від швидкості $V_{і\text{почат.}}$ до $\min V_i$, здійснення рівномірного руху з цією швидкістю та уповільнення від неї до швидкості $\min V_{i+1}$, і тому алгоритм спрямовується за гілкою до блоку 49, а у іншому випадку – за гілкою до блоку 53.

Якщо в блоці 49 була встановлена можливість здійснення рівномірного руху i -тою характерною ділянкою, то в блоці 50 слід прирівняти швидкість V_i з якою транспортний засіб буде здійснювати рівномірний рух i -тою характерною однорідною ділянкою, максимально можливою швидкості $\min V_i$ на цій i -тій характерній однорідній ділянці.

В блоці 51 для i -тої характерної однорідної ділянки за формулою (6) визначається значення шляху $S_{рівн,i}$, протягом якого транспортний засіб здійснює рівномірний рух.

В блоці 52 здійснюється вивід на екран комп'ютеру значень $V_{і\text{почат.}}$, $V_{і\text{кінц.}}$, $S_{приск,i}$, $S_{упов,i}$, V_i та $S_{рівн,i}$ які були отримані відповідно в блоках 2, 46, 47, 48, 50 та 51.

Якщо в блоці 49 було встановлено, що довжина i -тої характерної однорідної ділянки є недостатньою для здійснення рівноприскореного руху від швидкості $V_{і\text{почат.}}$ до $\min V_i$ та рівноуповільненого руху від швидкості

$\min V_i$ до $\min V_{i+1}$, то в блоці 53 для i -тої характерної однорідної ділянки визначається значення швидкості V_i до якої транспортний засіб зможе прискоритись з прискоренням $a_{макс}^*$ та від якої зможе уповільнитись до швидкості $\min V_{i+1}$ з уповільненням – $a_{мін}^*$. Швидкість V_i визначається за формулою (7).

В блоці 54 для i -тої характерної однорідної ділянки за формулою (8) визначається значення шляху прискорення $S_{приск,i}^*$ від швидкості $V_{і\text{почат.}}$ до V_i з прискоренням $a_{макс}^*$.

В блоці 55 для i -тої характерної однорідної ділянки за формулою (9) визначається значення шляху уповільнення $S_{упов,i}^*$ від швидкості V_i до $\min V_{i+1}$ з уповільненням – $a_{мін}^*$.

Внаслідок того, що довжина i -тої характерної однорідної ділянки є достатньою лише для рівноприскореного та рівноуповільненого рухів, то в блоці 56 приймається, що шлях $S_{рівн,i}$, протягом якого транспортний засіб здійснює рівномірний рух i -тою характерною однорідною ділянкою, відсутній.

В блоці 57 здійснюється вивід на екран комп'ютеру значень $V_{і\text{почат.}}$, $V_{і\text{кінц.}}$, V_i , $S_{приск,i}^*$, $S_{упов,i}^*$ та $S_{рівн,i}$ які були отримані відповідно в блоках 2, 46, 53, 54, 55 та 56.

Якщо в блоці 45 було встановлено, що $a_{розр,i}^* < -a_{мін}^*$, то це означає, що транспортний засіб не має технічної можливості уповільнитись від швидкості $V_{і\text{почат.}}$ до $\min V_{i+1}$ на ділянці довжиною l_i . Тому постає за необхідне примусово знизити швидкість $V_{і\text{почат.}}$. При цьому значення швидкості $V_{і\text{почат.}}$ визначається за формулою [2]:

$$V_{і\text{почат.}} = \sqrt{\min V_{i+1}^2 - 2 \cdot l_i \cdot (-a_{мін}^*)}, \text{ км/год}^2. \quad (10)$$

В блоці 59 здійснюється перехід до попередньої характерної однорідної ділянки маршруту з метою перемоделювання руху з урахуванням умов, визначених в блоці 45.

В блоках алгоритму з 25 по 43 було проведено моделювання руху транспортного засобу за умови, що $a_{розр,i}^* > 0$. В блоках з 44 по 59 – за умови, що $a_{розр,i}^* < 0$. Залишається не змодельованим рух транспортного засобу за умови, що $a_{розр,i}^* = 0$, тому в блоці 60 приймається, що значення розрахункового прискорення $a_{розр,i}^*$ для i -тої характерної однорідної ділянки дорівнює 0.

Внаслідок того, що $a_{розр,i}^* = 0$, то з умов безпеки руху транспортного засобу ділянкою з номером $i+1$ повинно виконуватись рівняння $V_{і\text{кінц.}} = V_{і\text{почат.}} = \min V_{i+1}$. Тому в блоці 61 для i -тої характерної однорідної ділянки приймається, що швидкість наприкінці цієї ділянки $V_{і\text{кінц.}}$ дорівнює швидкості на її початку $V_{і\text{почат.}}$ та дорівнює максимально можливій швидкості $\min V_{i+1}$ на $i+1$ -шій характерній однорідній ділянці (при цьому згідно блоку 3 алгоритму виконується нерівність $\min V_i > \min V_{i+1}$).

Внаслідок того, що виконується нерівність $\min V_i > \min V_{i+1}$, то з умов безпеки руху на i -тій характерній однорідній ділянці транспортний засіб прискориться на ній від швидкості $V_{і\text{почат.}}$ до $\min V_i$ з прискоренням $a_{макс}^*$ та уповільниться від швидкості $\min V_i$ до $\min V_{i+1}$ з уповільненням – $a_{мін}^*$. При цьому шлях прискорення $S_{приск,i}$ для i -тої характерної однорідної ділянки визначається за формулою (4) в блоці 62, а шлях уповільнення $S_{упов,i}$ – за формулою (5) в блоці 63.

В блоці 64 здійснюється перевірка умови, чи є значення довжини i -тої характерної однорідної ділян-

ки V_i більшим, або таким, що дорівнює сумі шляху прискорення $S_{\text{приск.}i}$, визначеного в блоці 62, та шляху уповільнення $S_{\text{упов.}i}$, визначеного в блоці 63. Якщо умова виконується, то це означає, що довжина ділянки є достатньою для прискорення транспортного засобу від швидкості $V_{i \text{ почат.}}$ до $\min V_i$, здійснення рівномірного руху з цією швидкістю та уповільнення від неї до швидкості $\min V_{i+1}$, і тому алгоритм спрямовується за гілкою до блоку 65, а у іншому випадку – за гілкою до блоку 68.

Якщо в блоці 64 була встановлена можливість здійснення рівномірного руху i -тою характерною ділянкою, то в блоці 65 слід прирівняти швидкість V_i , з якою транспортний засіб буде здійснювати рівномірний рух i -тою характерною однорідною ділянкою, максимально можливій швидкості $\min V_i$ на цій i -тій характерній однорідній ділянці.

В блоці 66 для i -тої характерної однорідної ділянки за формулою (6) визначається значення шляху $S_{\text{рівн.}i}$ протягом якого транспортний засіб здійснює рівномірний рух.

В блоці 67 здійснюється вивід на екран комп'ютеру значень $V_{i \text{ почат.}}$, $V_{i \text{ кінець.}}$, $S_{\text{приск.}i}$, $S_{\text{упов.}i}$, V_i та $S_{\text{рівн.}i}$ які були отримані відповідно в блоках 2, 61, 62, 63, 65 та 66.

Якщо в блоці 64 було встановлено, що довжина i -тої характерної однорідної ділянки є недостатньою для здійснення рівноприскореного руху від швидкості $V_{i \text{ почат.}}$ до $\min V_i$ та рівноуповільненого руху від швидкості $\min V_i$ до $\min V_{i+1}$, то в блоці 68 для i -тої характерної однорідної ділянки визначається значення швидкості V_i до якої транспортний засіб зможе прискоритись з прискоренням a_{max}^* та від якої зможе уповільнитись до швидкості $\min V_{i+1}$ з уповільненням $- a_{\text{min}}^*$. Швидкість V_i визначається за формулою (7).

В блоці 69 для i -тої характерної однорідної ділянки за формулою (8) визначається значення шляху прискорення $S_{\text{приск.}i}^*$ від швидкості $V_{i \text{ почат.}}$ до V_i з прискоренням a_{max}^* .

В блоці 70 для i -тої характерної однорідної ділянки за формулою (9) визначається значення шляху уповільнення $S_{\text{упов.}i}^*$ від швидкості V_i до $\min V_{i+1}$ з уповільненням $- a_{\text{min}}^*$.

Внаслідок того, що довжина i -тої характерної однорідної ділянки є достатньою лише для рівноприскореного та рівноуповільненого рухів, то в блоці 71 встановлюється, що шлях $S_{\text{рівн.}i}$, протягом якого транспортний

засіб здійснює рівномірний рух i -тою характерною однорідною ділянкою, відсутній.

В блоці 72 здійснюється вивід на екран комп'ютеру значень $V_{i \text{ почат.}}$, $V_{i \text{ кінець.}}$, V_i , $S_{\text{приск.}i}^*$, $S_{\text{упов.}i}^*$ та $S_{\text{рівн.}i}$ які були отримані відповідно в блоках 2, 61, 68, 69, 70 та 71.

Таким чином, в блоках 1 – 72 виконано моделювання руху транспортного засобу i -тою характерною однорідною ділянкою маршруту з урахуванням не тільки технічних характеристик автомобіля і умов дорожнього руху, але й довжини характерної однорідної ділянки, максимально можливих прискорень і уповільнень автомобіля та значень його швидкостей на попередній та наступній характерних однорідних ділянках.

3. Висновки

В роботі розроблено алгоритм моделювання руху транспортного засобу i -тою характерною однорідною ділянкою, який є частиною алгоритму моделювання руху транспортного засобу маршрутом в цілому. При цьому, внаслідок моделювання, для кожної i -тої характерної однорідної ділянки стають відомими такі їх характеристики як: $V_{i \text{ почат.}}$, $V_{i \text{ кінець.}}$, V_i , $S_{\text{приск.}i}$, $S_{\text{упов.}i}$ та $S_{\text{рівн.}i}$.

Моделювання виконано з урахуванням не тільки технічних характеристик автомобіля і умов дорожнього руху, але й довжини i -тої характерної однорідної ділянки, максимально можливих прискорень і уповільнень автомобіля та значень його швидкостей на попередній та наступній характерних однорідних ділянках.

В подальшому, стає можливим на підставі даного алгоритму розробити комп'ютерну програму, що моделює рух транспортного засобу шляхом визначення його максимально можливих швидкостей з умов безпеки руху кожною характерною однорідною ділянкою маршруту, технічних характеристик автомобіля, максимально можливих прискорень і уповільнень автомобіля та значень його швидкостей на попередній та наступній характерних однорідних ділянках.

Результати даного моделювання будуть використані для виявлення резервів підвищення продуктивності перевізного процесу.

Література

1. Куниця А.В. Підходи до багатофакторного дослідження продуктивності роботи кар'єрних автомобілів-самоскидів / А.В. Куниця, Д.М. Самісько // Наукові нотатки : Міжвузівський збірник (за галузями знань «Машинобудування та металообробка», «Інженерна механіка», «Металургія та матеріалознавство»). – 2010. – Випуск 28 (травень, 2010). – С. 295 – 300.
2. Самісько Д.М. Моделювання процесу дорожнього руху транспортного засобу i -тою характерною однорідною ділянкою маршруту дослідження / Д.М. Самісько // Вісник Донецької академії автомобільного транспорту : Науковий журнал. – 2011. - №3. – С. 11 – 21.
3. Куниця А.В. Алгоритм моделювання процесу перевезень з урахуванням його багатофакторного дослідження / А.В. Куниця, Д.М. Самісько // Вісті Автомобільно-дорожнього інституту : Науково-виробничий збірник. – 2010. - №2(11). – С. 64 – 70.
4. Единая система программной документации. Схемы алгоритмов, программ, данных и систем. Условные обозначения и правила выполнения : ГОСТ 19.701–90 (ИСО 5807–85). – [Дата введения 1992–01–01]. – Москва : Издательство стандартов. 1991. – 26 с.