

ному конкретному человеку и заранее учесть все его человеческие факторы в системе безопасности автотранспорта. Данная проблема мало изучена и требует дальнейших исследований.

Ключевые слова: человеческий фактор, безопасность автотранспорта, управление, транспортный процесс.

Stepanov A. V. The human factor in the security system of vehicles

The article is devoted to the concept of "human factor" and its impact on the safety of vehicles in the system ADS. It was proven that the human factor is a multivalued term which describes the possibility of making wrong or illogical decisions in specific situations by the person. In the article is substantiating the idea that it is the person who submits uncertainty to the functioning of the control system. Due to this fact, it is impossible to study the safety of vehicles in the transport process without an appropriate revealing and taking into account the human factor of the driver, without removal from driving people with reduced functions, who are unable to provide the effective functioning of transport process. On the security of vehicles in the system VADS influences the human factor in the form of information and informative picture of the environment, which consists of the following factors: subjectivity – the existing worldview of the person; the categorisation – the systematization of information, it usually takes place with the help of "sharing" information, when information is grouped in the associations; selectivity – the degree of selecting signals from the environment by human brains; it is a subjective phenomenon, some people are more selective than others; waiting – the process of interpreting subsequently received information in a certain way; previous experience – it forces us to interpret information from the point of existing knowledge.

The author came to the conclusion, that during the life people develop certain pattern of behavior and make decisions based on this model. Since the model of each person differs from each other, it is difficult for the specialists to find an access to this particular person and take into consideration all human factors in the system of vehicles's security in advance. This problem is poorly studied and requires further researches.

Key words: human factor, safety of vehicles, management of transport process.

Дата надходження до редакції: 14.03.2016

Рецензент: д.т.н., проф. Гецович Є.М.

УДК 629.1.027.001

ПРЕДЕЛЬНЫЕ ДИНАМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПОЛНОПРИВОДНЫХ ЛЕГКОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ С УЧЕТОМ ПОДЪЕМНОЙ АЭРОДИНАМИЧЕСКОЙ СИЛЫ

Д. В. Абрамов, к.т.н., доцент Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет

В данной статье определены предельные по условию сцепления ведущих колес с дорогой динамические показатели полноприводных автомобилей с учетом подъемной аэродинамической силы, динамического перераспределения нормальных реакций между колесами передней и задней осей автомобиля.

Ключевые слова: предельное ускорение, предельная скорость, подъемная аэродинамическая сила, полноприводный автомобиль.

Постановка проблемы. Полноприводные легковые автомобили получают все большее распространение благодаря своим более высоким показателям динамических свойств. Прежде всего, к динамическим относятся тягово-скоростные свойства автомобилей, которые у полноприводных автомобилей имеют значительно более высокие показатели, чем у машин других компоновочных схем. Динамические свойства автомобиля определяют его способность безопасно вписываться в интенсивный транспортный поток, как в городских условиях, так и на загородных трассах. В настоящее время показатели динамических свойств современных автомобилей только растут. Ускорение автомобиля, развиваемое при трогании с места или при разгоне с определенной скорости, является одним из таких показателей.

Проведенные ранее исследования позво-

лили определить предельные (максимально возможные) скорости и ускорения легковых автомобилей, определяемых сцеплением ведущих колес с дорогой, однако без учета подъемной (прижимающей) аэродинамической силы. Влияние этой силы на предельные динамические показатели автомобиля будет особенно значимо при высоких скоростях его движения.

В настоящей статье определены предельные динамические показатели полноприводных легковых автомобилей – предельное по сцеплению ведущих колес с дорогой линейное ускорение, предельная скорость движения с учетом подъемной (прижимающей) аэродинамической силы.

Анализ последних исследований и публикаций. В работе В.А. Карпенко [1] исследованы потенциальные динамические характеристики полноприводного автомобиля по условию реали-

зации предельных сил сцепления ведущих колес с дорогой. Максимально возможное ускорение автомобиля со всеми ведущими колесами [1]

$$\dot{V}_a = \varphi_{x\max} \cdot g - \frac{k \cdot F}{m_a} \cdot V_a^2, \quad (1)$$

где \dot{V}_a , V_a – линейные ускорения и скорость автомобиля; $\varphi_{x\max}$ – максимальный касательный коэффициент сцепления колес с дорогой; g – ускорение свободного падения, $g=9,81\text{м/с}^2$; F – площадь лобового сечения (мидель) автомобиля; m_a – общая масса автомобиля; k – коэффициент сопротивления воздуха,

$$k = \frac{c_x}{2} \cdot \rho; \quad (2)$$

c_x – коэффициент лобового аэродинамического сопротивления (коэффициент обтекаемости); ρ – плотность воздуха.

Вывод работы [1] в работе В.Л. Файста [2], а также в работе [3] определена максимально возможная линейная скорость автомобиля со всеми ведущими колесами

$$V_{\text{антед}} = \sqrt{\frac{m_a \cdot g \cdot \varphi_{x\max}}{k \cdot F}}. \quad (3)$$

При выводе уравнений (1), (3) принималось ошибочное допущение того, что тяговая сила автомобиля приложена в пятне контакта ведущих колес с дорогой. Кроме того, не учитывалось динамическое перераспределение нормальных реакций между колесами передней и задней осей автомобиля. Эти моменты были учтены в работах М.А. Подригало, Д.В. Абрамова [4,5] при определении предельных динамических показателей переднеприводных и заднеприводных легковых автомобилей, таких как предельное по условию сцепления передних (задних) ведущих колес с дорогой ускорение переднеприводного (заднеприводного) автомобиля, предельная по условию сцепления передних (задних) ведущих колес с дорогой скорость переднеприводного (заднеприводного) автомобиля. Однако, в работах [4,5] не

рассмотрены потенциальные динамические характеристики полноприводных автомобилей, а в работе [4], кроме того, не учтено влияние подъемной (прижимающей) аэродинамической силы автомобиля.

Подъемная сила (вертикальная составляющая аэродинамической силы) определяется по формуле [6]

$$P_{wz} = \frac{c_z}{2} \cdot \rho \cdot V_a^2 \cdot F, \quad (4)$$

где c_z – коэффициент подъемной силы.

Коэффициент аэродинамического сопротивления k_z будет определяться как

$$k_z = \frac{c_z}{2} \cdot \rho. \quad (5)$$

Тогда выражение (4) с учетом (5) примет вид

$$P_{wz} = k_z \cdot F \cdot V_a^2. \quad (6)$$

Цель и постановка задач исследования. Целью исследования является определение предельных по условию сцепления ведущих колес с дорогой динамических показателей полноприводных легковых автомобилей с учетом подъемной (прижимающей) аэродинамической силы.

Для достижения указанной цели необходимо решить следующие задачи:

– определить предельное по условию сцепления ведущих колес с дорогой ускорение полноприводного автомобиля;

– определить предельную по условию сцепления ведущих колес с дорогой скорость полноприводного автомобиля.

Предельные динамические показатели полноприводных легковых автомобилей с учетом подъемной аэродинамической силы.

На рис. 1 приведена схема сил, действующих на полноприводный автомобиль, движущийся в режиме разгона с учетом действия подъемной аэродинамической силы.

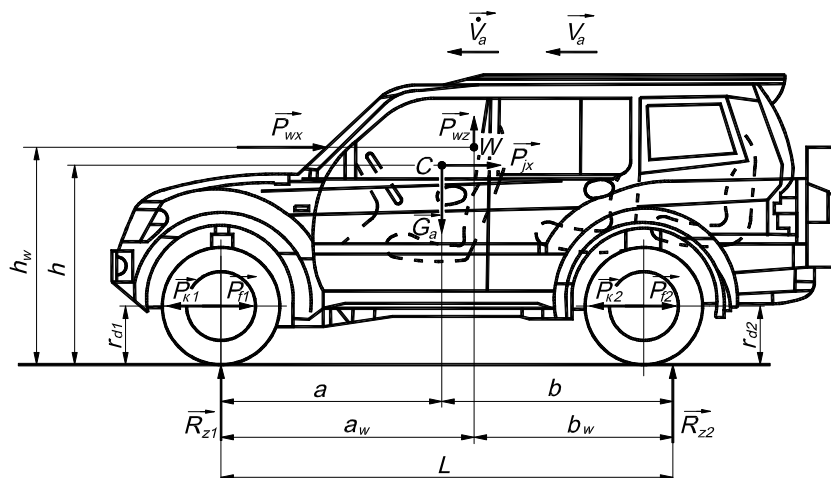


Рис. 1. Схема сил, действующих на полноприводный автомобиль в тяговом режиме движения (при разгоне) с учетом подъемной аэродинамической силы

Уравнение поступательного движения автомобиля (уравнение тяговой динамики) имеет следующий вид

$$m_a \cdot \dot{V}_a = P_k - P_f - P_w, \quad (7)$$

где P_k – суммарная тяговая сила автомобиля;

$$P_k = P_{k1} + P_{k2}; \quad (8)$$

P_{k1} ; P_{k2} – суммарные тяговые силы на передних и задних колесах;

P_f – суммарная сила сопротивления качению всех колес автомобиля, которая с учетом подъемной силы (6) определяется как

$$R_{z1} = m_a \cdot g \cdot \frac{b}{L} - P_{jx} \cdot \frac{h - r_{\partial 2}}{L} - P_{wx} \cdot \frac{h_w - r_{\partial 2}}{L} - P_{wz} \cdot \frac{b_w}{L} + (P_{k1} - P_{f1}) \cdot \frac{r_{\partial 1} - r_{\partial 2}}{L}; \quad (11)$$

$$R_{z2} = m_a \cdot g \cdot \frac{a}{L} + P_{jx} \cdot \frac{h - r_{\partial 1}}{L} + P_{wx} \cdot \frac{h_w - r_{\partial 1}}{L} - P_{wz} \cdot \frac{a_w}{L} + (P_{k2} - P_{f2}) \cdot \frac{r_{\partial 1} - r_{\partial 2}}{L}, \quad (12)$$

где a – расстояние от передней оси до проекции центра масс на горизонтальную плоскость; b – расстояние от задней оси до проекции центра масс автомобиля на горизонтальную плоскость; L – продольная колесная база автомобиля; h – высота центра масс автомобиля; h_w – высота центра парусности автомобиля относительно опорной поверхности; $r_{\partial 1}$ – динамический радиус передних (ведущих) колес; $r_{\partial 2}$ – динамический радиус задних (ведомых) колес; b_w – расстояние от задней оси до проекции центра парусности автомобиля на горизонтальную плоскость; a_w – расстояние от передней оси до проекции центра

$$P_f = P_{f1} + P_{f2} = (G_a - P_{wz}) \cdot f = (m_a \cdot g - k_z \cdot F \cdot V_a^2) \cdot f; \quad (9)$$

P_{f1} ; P_{f2} – суммарные силы сопротивления качению колес передней и задней осей автомобиля, соответственно; G_a – общий вес автомобиля; P_w – горизонтальная составляющая силы аэродинамического сопротивления,

$$P_w = k \cdot F \cdot V_a^2. \quad (10)$$

Суммарные нормальные реакции дороги на колеса передней и задней осей автомобиля с учетом действия подъемной силы определяются из условия равенства нулю суммы моментов сил относительно этих осей

парусности автомобиля на горизонтальную плоскость; P_{jx} – сила инерции поступательного движения автомобиля,

$$|P_{jx}| = m_a \cdot \dot{V}_a. \quad (13)$$

При реализации предельных сцепных возможностей колес с дорогой суммарные тяговые силы на передних и задних колесах

$$P_{k1} = (\varphi_{x \max} + f) \cdot R_{z1}; \quad (14)$$

$$P_{k2} = (\varphi_{x \max} + f) \cdot R_{z2}. \quad (15)$$

Решая совместно уравнения (11), (12), (14), (15) с учетом выражений (7) и (13), определим

$$P_{k1} = m_a \cdot g \cdot (\varphi_{x \max} + f) \times \frac{\frac{b}{L} - \varphi_{x \max} \cdot \frac{h - r_{\partial 2}}{L} - \frac{F \cdot V_a^2}{m_a \cdot g} \cdot \left(k_z \cdot \left(\frac{b_w}{L} - \varphi_{x \max} \cdot \frac{h - r_{\partial 2}}{L} \right) + k_x \cdot \frac{h_w - h}{L} \right)}{1 - \varphi_{x \max} \cdot \frac{r_{\partial 1} - r_{\partial 2}}{L}}; \quad (16)$$

$$P_{k2} = m_a \cdot g \cdot (\varphi_{x \max} + f) \times \frac{\frac{a}{L} + \varphi_{x \max} \cdot \frac{h - r_{\partial 1}}{L} - \frac{F \cdot V_a^2}{m_a \cdot g} \cdot \left(k_z \cdot \left(\frac{a_w}{L} + \varphi_{x \max} \cdot \frac{h - r_{\partial 1}}{L} \right) + k_x \cdot \frac{h - h_w}{L} \right)}{1 - \varphi_{x \max} \cdot \frac{r_{\partial 1} - r_{\partial 2}}{L}}. \quad (17)$$

Суммарная тяговая сила автомобиля с учетом действия подъемной силы

$$P_k = P_{k1} + P_{k2} = (m_a \cdot g - k_z \cdot F \cdot V_a^2) \cdot (\varphi_{x \max} + f) = P_{k \text{ пред}}, \quad (18)$$

где $P_{k \text{ пред}}$ – предельная по условиям сцеп-

ления суммарная тяговая сила автомобиля.

Коэффициент распределения суммарной тяговой силы на переднюю ось автомобиля

$$k_p = \frac{P_{k1}}{P_k} = \frac{m_a \cdot g}{m_a \cdot g - k_z \cdot F \cdot V_a^2} \times \frac{\frac{b}{L} - \varphi_{x \max} \cdot \frac{h - r_{\partial 2}}{L} - \frac{F \cdot V_a^2}{m_a \cdot g} \cdot \left(k_z \cdot \left(\frac{b_w}{L} - \varphi_{x \max} \cdot \frac{h - r_{\partial 2}}{L} \right) + k_x \cdot \frac{h_w - h}{L} \right)}{1 - \varphi_{x \max} \cdot \frac{r_{\partial 1} - r_{\partial 2}}{L}}. \quad (19)$$

Предельное по условию сцепления ведущих колес автомобиля с дорогой ускорение с учетом действия подъемной силы находим после подстановки выражений (9), (10), (18) в уравнение (7), учитывая что здесь $P_w = P_{wx}$,

$$\dot{V}_{\text{анпред}} = g \cdot \varphi_{x \max} \cdot \left(1 - \frac{F \cdot V_a^2}{m_a \cdot g} \cdot \left(k_z + \frac{k_x}{\varphi_{x \max}} \right) \right). \quad (20)$$

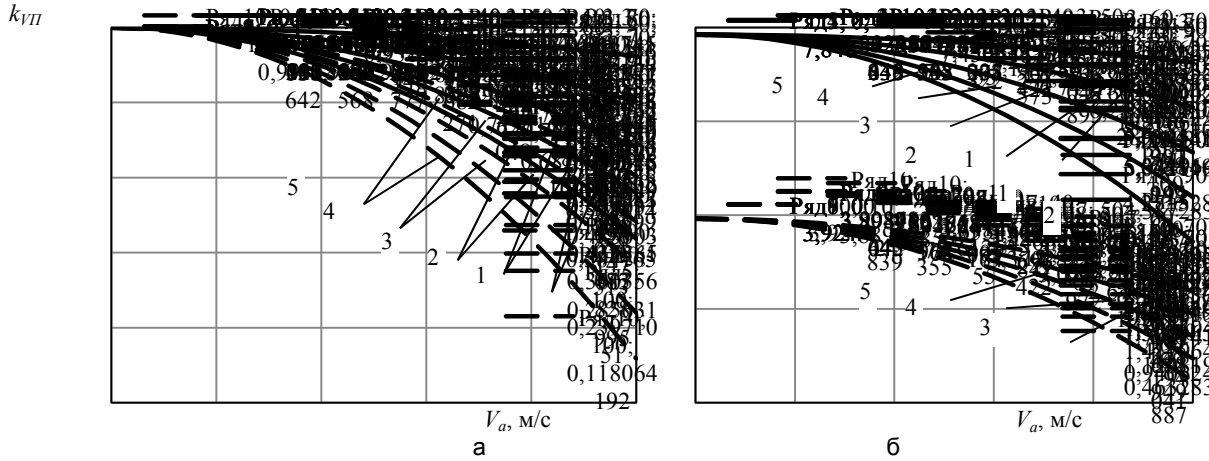
Коэффициент влияния скорости движения автомобиля на предельное по условию сцепле-

ния колес с дорогой ускорение полноприводного автомобиля с учетом действия подъемной силы

$$k_{VП} = \frac{V_{a\text{пред}}}{g \cdot \varphi_{x\text{max}}} = 1 - \frac{F \cdot V_a^2}{m_a \cdot g} \cdot \left(k_z + \frac{k_x}{\varphi_{x\text{max}}} \right). \quad (21)$$

На рис. 2 приведены графики зависимости коэффициента $k_{VП}$ от скорости и предельного ускорения $V_{a\text{пред}}$ от скорости с учетом действия

подъемной аэродинамической силы для полноприводного легкового автомобиля Mitsubishi PajeroWagon, имеющего $L = 2,780$ м; $k = 0,32$ Н·с²/м⁴; $r_{\partial 1} = r_{\partial 2} = 0,363$ м; $F = 3,42$ м²; $m_a = 2760$ кг; $a/L = 0,598$; $e/L = 0,402$; $h/L = 0,28$. Принято, что $f = 0,014$.



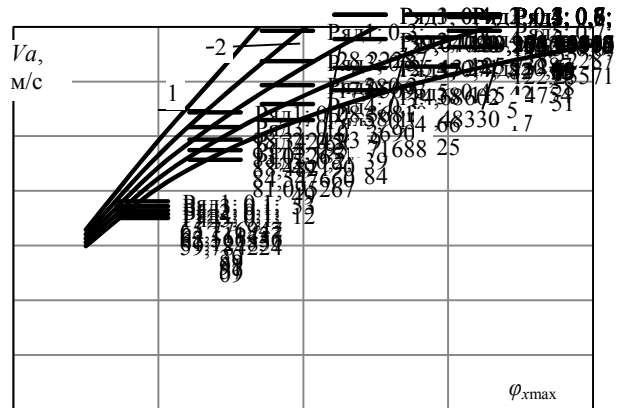
1 – при $k_z = -0,2$; 2 – при $k_z = -0,1$; 3 – при $k_z = 0$; 4 – при $k_z = 0,1$; 5 – при $k_z = 0,2$
 — при $\varphi_{x\text{max}} = 0,8$; — при $\varphi_{x\text{max}} = 0,4$

Рис.2. Зависимости $k_{VП}(V_a)$ и $V_{a\text{пред}}(V_a)$ для полноприводного автомобиля Mitsubishi PajeroWagon при полной загрузке при различных значениях k_z

При $k_{VП} = 0$ находим предельную по условию сцепления ведущих колес с дорогой скорость автомобиля с учетом действия подъемной силы

$$V_{a\text{пред}} = \sqrt{\frac{m_a \cdot g}{F \cdot \left(k_z + \frac{k_x}{\varphi_{x\text{max}}} \right)}}. \quad (22)$$

Графики зависимости предельной по условию сцепления ведущих колес с дорогой скорости полноприводного автомобиля от максимального касательного коэффициента сцепления колес с дорогой, построенные с использованием формулы (22) приведены на рис. 3.



1 – при $k_z = -0,2$; 2 – при $k_z = -0,1$;
 3 – при $k_z = 0$; 4 – при $k_z = 0,1$; 5 – при $k_z = 0,2$
 Рис. 3 – График зависимости $V_{a\text{пред}}(\varphi_{x\text{max}})$ для полноприводного автомобиля Mitsubishi Pajero Wagon при полной загрузке при различных значениях k_z

Выводы. Таким образом, полученные аналитические выражения позволяют производить оценку предельных по сцеплению ведущих колес с дорогой динамических показателей полноприводных легковых автомобилей с учетом подъемной (прижимающей) аэродинамической силы с повышенной точностью.

Список використаної літератури:

1. Карпенко В.А. Оценка потенциальных динамических характеристик автомобилей / В.А. Карпенко // Автомобильный транспорт. Сборник научных трудов. – Харьков: ХГАДТУ, 1998.–Вып.1 – С. 64-67.
2. Файст В.Л. Удосконалення вимог до динамічних властивостей легкових автомобілів: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: спец. 05.22.20 “Експлуатація та ремонт засобів транспорту”. – Сумське національне аграрне університету

порту" / В.Л. Файст. – Харків, 2012. – 20 с.

3. Динамика автомобиля / [Подригало М.А., Волков В.П., Бобошко А.А., Павленко В.А., Файст В.Л., Клец Д.М., Редько В.В.], под.ред. М.А. Подригало. – Харьков: Изд-во ХНАДУ, 2008. – 424 с.

4. Подригало М.А. Определение предельных динамических показателей легковых автомобилей / М.А. Подригало, Д.В. Абрамов // Механіка та машинобудування. Науково-технічний журнал. – Харків: НТУ «ХПІ», 2013. – № 1. – С. 81-91.

5. Абрамов Д.В. Предельные динамические показатели переднеприводных легковых автомобилей с учетом подъемной аэродинамической силы / Д.В. Абрамов // Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті. Науковий журнал. – Луцьк: Луцький НТУ, 2015. – №1(3). – С. 10-15.

6. Авершин А.Г. Аэродинамическое совершенствование заднего диффузора гоночного автомобиля формулы 1600 / А.Г. Авершин, Ю.В. Стародубцев // Автомобильный транспорт / Сб. научн. тр. Харьков: ХНАДУ. – 2010. – Вып. 2.– С. 35-41.

Абрамов Д.В. Предельные динамические показатели полноприводных легковых автомобилей с учетом подъемной аэродинамической силы

В данной статье определены предельные по условию сцепления ведущих колес с дорогой динамические показатели полноприводных автомобилей с учетом подъемной аэродинамической силы, динамического перераспределения нормальных реакций между колесами передней и задней осей автомобиля.

Ключевые слова: предельное ускорение, предельная скорость, подъемная аэродинамическая сила, полноприводный автомобиль.

Abramov D.V. Limit dynamic performance all-wheel drive passenger cars taking into account lifting aerodynamic forces

This article defines the limit of dynamic parameters with condition of adhesion with the road of the drive wheels of all wheel drive vehicles, taking in to account the aerodynamic lift forces, the dynamic redistribution of the normal reactions between the wheels of the front and rear axles of the vehicle. Dynamic properties include traction-speed property of cars. Limit of traction-speed properties of wheel-drive vehicles have a significantly higher indices than the other machines schemes. At high speeds the car the limit of its dynamic indices will be significantly affected by the lifting (pressing) the aerodynamic force. The limit of acceleration and speed with condition of adhesion with the road of the drive wheels of wheel-drive vehicles are determined taking into account the application of traction forces on the axis of the drive wheel, and not in the contact area, as it did previously. In addition, obtained the dependence of the coefficient to determine the allocation of the total traction on the front axle of the car taking into account the actions of aerodynamic lift force. The dependencies obtained and graphs plotted of changes the limit of acceleration with condition of adhesion with the road of the drive wheels of wheel-drive vehicles in dependence on its speed considering of action the aerodynamic lift force. Also the dependencies obtained and graphs plotted of changes the limit of speed with condition of adhesion with the road of the drive wheels of wheel-drive vehicles in dependence on the maximum adhesion with the road of the drive wheels on the example of wheel-drive passenger car Mitsubishi Pajero Wagon. The analytical expressions allow to assess the limit of dynamic parameters with condition of adhesion with the road of the drive wheels of wheel-drive passenger cars considering lifting (pressing) the aerodynamic force with high accuracy.

Keywords: acceleration limit, speed limit, lifting aerodynamic force, all-wheel drive car.

Дата надходження до редакції: 24.11.2015

Рецензент: д.т.н., проф. Тарельник В.Б.

УДК 621.614.1

АЕРОДИНАМІЧНІ АВТОФУРГОНИ

С. Г. Бондарев, к.т.н., доцент

О. В. Рясна, ст. викладач

Сумський національний аграрний університет

Розглянуто проблеми пов'язані з витратами паливних ресурсів при автомобільних перевезеннях вантажів. Запропоновано перспективний напрям економії палива, шляхом зменшення аеродинамічного опору автофургонів з порожнім, або частково завантаженим фургоном.

Ключові слова: аеродинаміка, опір повітря, витрата палива, фургон

Вступ: Автомобільний транспорт, здійснює | Основними сферами подальшого застосування перевезення вантажів по безрейкових шляхах. | автомобільного транспорту є розвезення та