Kozachenko A.V., Shkregal A.N., Sivirin O.N. THE PERFORMANCE TESTING OF CULTIVATOR UNIT WITH IMPROVED WORKING DEVICES

The results of production tests Cultivator unit with improved legs with a curved blade shape and defined the technical and economic indices of the effectiveness of its use.

Keywords: *hoe, curved shape of Levi, tractive resistance, driving stability, trimming weeds, economic efficiency.*

Стаття надійшла в редакцію: 3.10.2013р.
Рецензент: д.т.н., професор Кочмола М.М.

УДК 631.3.017

ВИЗНАЧЕННЯ ВЕЛИЧИНИ ВІДХИЛЕНЬ КОМБІНОВАНОГО МАШИННОГО АГРЕГАТУ ВІД ПРЯМОЛІНІЙНОЇ ТРАЄКТОРІЇ

П. М. Ярошенко, к.т.н., доцент, Сумський національний аграрний університет

В статті розглянуто питання визначення величини відхилень комбінованого агрегату від прямолінійної траєкторії під час виконання технологічного процесу сівби.

Ключові слова:*машинний агрегат, траєкторія руху, сівба.*

Постановка проблеми в загальному вигляді. Траєкторія руху машинних агрегатів при проведенні сівби технічних культур в загальному вигляді не є прямолінійною, а являє собою деяку криву близьку до синусоїди. Це обумовлено рядом причин, викликаних різною щільністю ґрунту, а також зовнішніми і внутрішніми збуреннями, діючими на агрегат. Особливо дана ситуація має місце при використанні фронтально навішених знарядь, які в силу свого розміщення негативно впливають на прямолінійність і стійкість руху агрегату в цілому, викликають увід та збільшують опір руху агрегату при виконанні технологічної операції.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідженням відхилень машинних агрегатів від обраних траєкторій руху займались П.М. Василенко, Л.В. Гячев, В.М. Авдєєв, А.В. Рославцев. При проведенні досліджень по визначенню величини відхилень від прямолінійного руху машинного агрегату у складі енергонасиченого трактора та навішених спереду і ззаду сільськогосподарських машин використовувалися, як правило, багатомасові моделі з багатьма ступенями вільності М.П. Артьомовим, І.В. Курсовим [1, 2].

Формулювання цілей статті.Розрахунок величин відхилень комбінованого машинного агрегату (МА) при попаданні твердих елементів ґрунту в навісні машини агрегату в цій роботі проводиться на підставі агротехнічних вимог до сівби просапних культур, в особливості цукрових буряків. Виходячи із запропонованої в деяких роботах [3, 4] методики оцінки технічної стійкості, проводиться аналіз динамічного нестаціонарного процесу руху МА під час дії деякого імпульсу сили з наступною оцінкою кута відхилення МА від початкової прямолінійної траєкторії.

Виклад основного матеріалу дослідження. Виконання чисельних досліджень вимагає побудови розрахункової схеми, яка, незважаючи на певні спрощення, повинна адекватно представляти жорсткісні і масові характеристики конструкції. Найбільш наванта-женою (в термінах теорії пружності) частиною трактора є рама. Виходячи з цього, розрахун-кову модель трактора в МА представимо як раму з чотирма точковими масами (m_{T1}, m_{T2}, m_{T3}, m_{T4}) і стержневими елементами, жорсткість яких еквівалентна жорсткості шин (рис. 1). Точкові маси характеризують розподіл маси трактора на передні (m_{T1} = m_{T2} = 4050 кг) і задні колеса (m_{T3} = m_{T4} = 2850 кг).

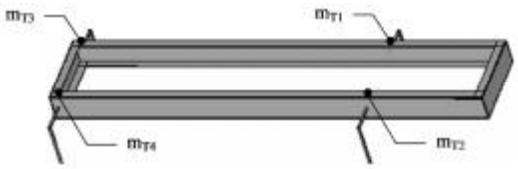

Рис. 1. Розрахункова модель трактора у вигляді рами, точкових мас і стержневих елементів

Профіль балок рами є швелером, характерні розміри якого складають a = 0,24 м, b = 0,08 м, h = $8{\cdot}10^{-3}$ м (рис. 2).

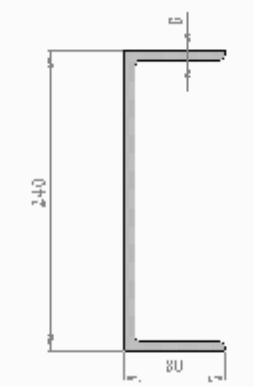

Рис. 2. Профіль балки моделі рами

Колесо моделюється на звичайно-елементному рівні у вигляді сил тертя кочення і тертя ковзання, прикладених до торцьової пло-

щини стержнів (рис. 1). Використовується модель в'язкого тертя.

Довжина рами трактора складає 4,01 м, ширина – 0,75 м. Відстань між переднім і заднім мостом – 2,86 м

Навісні машини в розрахунковій моделі МА реалізовані у вигляді поперечних по-рожнистих балок квадратного перерізу довжиною l = 8,1 м, шириною a = 0,14 м і товщиною – $h = 6 \cdot 10^{-3}$ м. Масово-інерційні характеристики кожної навісної машини в моделі реалізовані у вигляді трьох зосереджених мас ($m_{F1} = m_{F2} = m_{F3}$ = 1750 кг, $m_{B1} = m_{B2} = m_{B3}$ = 2300 кг), розташованих на торцях і в центральному перерізі балки. Навісні системи моделюються балками еквівалентної жорсткості.

Розрахункова модель всього МА представлена на рис. 3.

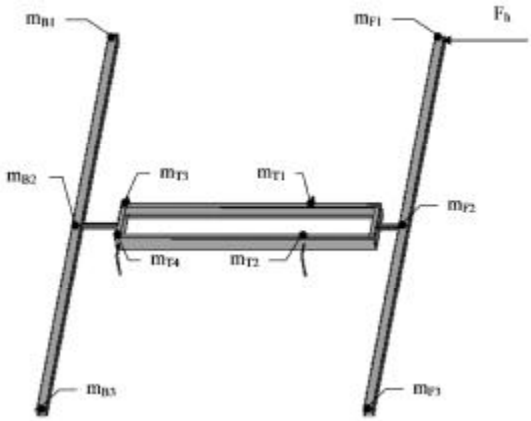

Рис. 3. Розрахункова модель машинного агрегату

Передбачається, що зіткнення передньої навісної машини МА з твердими елементами ґрунту відбуваються з таким інтервалом часу, при якому до моменту чергового зіткнення рух агрегату після попередньої дії набуває сталого характеру. В цьому випадку, для того, щоб оцінити можливість відхилення МА від прямолінійної траєкторії на кут більший, ніж максимально допустимий (α_{crit} = 5º), досить виконати аналіз для зіткнення з максимально можливою на практиці масою ґрунту (m_{gmax} = 50 кг) крайньої точки навісної машини. Час взаємодії взято рівним 1 с. Характер імпульсу, прийнятий в дослідженні має вигляд, приведений на рис. 4.

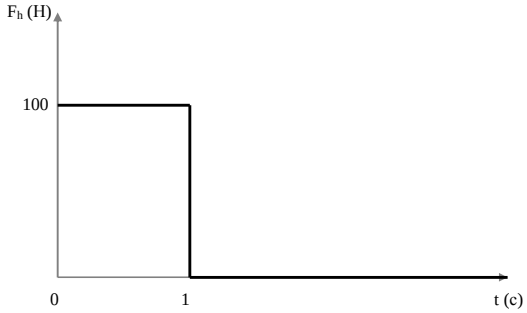

Рис. 4. Залежність F_h від часу

Початкові умови для всіх точок агрегату ідентичні – переміщення дорівнюють нулю (u_{x0} = 0, u_{y0} = 0), проекція швидкості на вісь X – 7,2 км/год, на вісь Y – дорівнює нулю (v_{x0} =2 м/с, v_{y0} = 0).

Матеріалом всіх елементів конструкції в розрахунковій моделі МТ є сталь (модуль пружності $E = 2 \cdot 10^{11}$ МПа, коефіцієнт Пуассона v = 0,3).

Модель була розбита на 3356 гексаедральних 8-вузлових кінцевих елементів з 3 ступенями вільності (переміщення в трьох координатних напрямах) у вузлі. Звичайно-елементна модель агрегату представлена на рис. 5 і рис. 6.

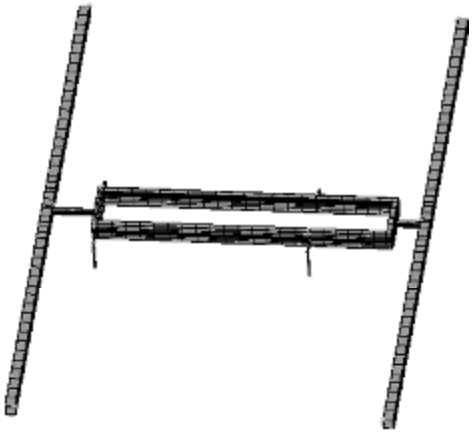

Рис. 5. Кінцево-елементна модель агрегату

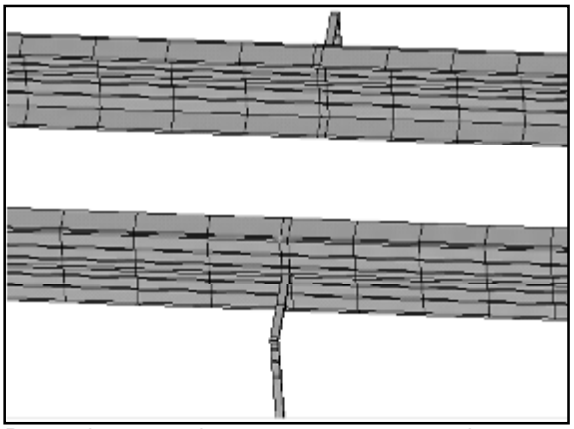

Рис. 6. Фрагмент кінцево-елементної моделі агрегату

Оскільки в цьому дослідженні переміщення у напряму осі Z не є важливими, то вони вважаються нульовими.

Дослідження проводилися для інтервалу часу від 0 (час зіткнення МА з твердими елементами ґрунтової породи) до 3 с. Інтервал часу розбивався на 250 кроків.

В результаті досліджень були отримані значення проекцій переміщення всіх вузлів кінцево-елементної моделі МА на координатні осі для всіх кроків за часом. На рис. 7 і рис. 8 приведені кольорові діаграми, що характеризують значення проекцій переміщень вузлів кінцево-елементної моделі на осі X і Y для значення t = 0,75 с.

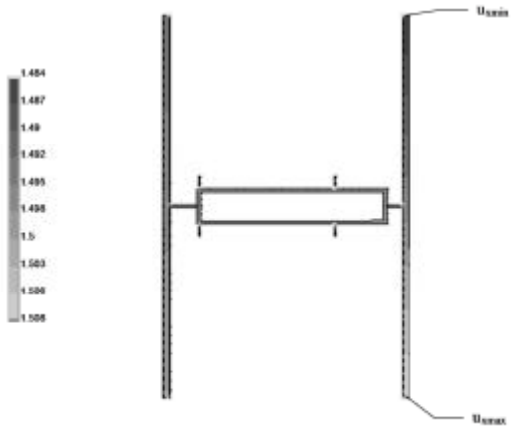

Рис. 7. Кольорова діаграма, що характеризує значення проекцій переміщень вузлів кінцево-елементної моделі на вісь *X* для значення *t* = 0,75с

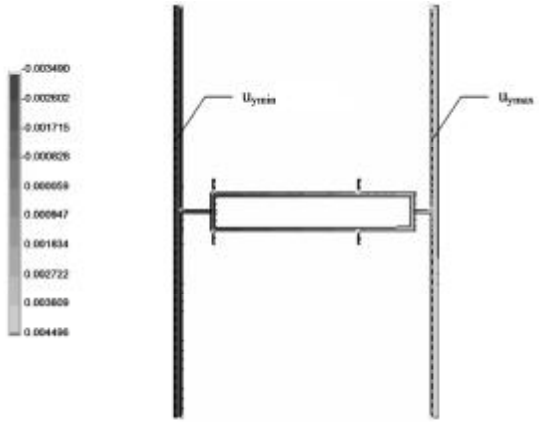

Рис. 8. Кольорова діаграма, що характеризує значення проекцій переміщень вузлів кінцево-елементної моделі на вісь *Y* для значення *t* = 0,75 с

Діаграми переміщень для інших значень часу матимуть практично аналогічний характер: передня навісна машина, яка сприймає на себе безпосередню дію від зіткнення з твердими елементами ґрунту, відхиляється, що призводить до загальної деформації конструкції МА, і, як наслідок, деякого повороту агрегату.

Числові значення u_x, u_y центру мас агрегату для кожного п'ятого кроку за часом приведені в таблиці 1.

Таблиця 1. Числові значення u_x, u_y центру мас агрегату для кожного п'ятого кроку за часом

t(с)	***u*x**(м)	***u*y**(м)
0.0600000000000	0.0599925586400	0.0000013513835
0.1200000000000	0.1799646661294	0.0000100583681
0.1800000000000	0.2999139074408	0.0000341161178
0.2400000000000	0.4198424900292	0.0000789162887
0.3000000000000	0.5397500595407	0.0001478388192
0.3600000000000	0.6596370405876	0.0002428685938
0.4200000000000	0.7795032937116	0.0003649646879
0.4800000000000	0.8993487482617	0.0005144172034
0.5400000000000	1.019173201024	0.0006910586684
0.6000000000000	1.138976431231	0.0008944602967
0.6600000000000	1.258758193850	0.0011240457129
0.7200000000000	1.378518297971	0.0013791928926
0.7800000000000	1.498256604269	0.0016592869433
0.8400000000000	1.617972972879	0.0019637658360
0.9000000000000	1.737667282118	0.0022921375245
0.9600000000000	1.857339414488	0.0026439961065
1.020000000000	1.976996694212	0.0030176805356
1.080000000000	2.096651950254	0.0034069883978
1.140000000000	2.216307343485	0.0038038336800
1.200000000000	2.335960409212	0.0042028217057
1.260000000000	2.455611267345	0.0046006415271
1.320000000000	2.575259257190	0.0049954355644
1.380000000000	2.694904277608	0.0053864166654
1.440000000000	2.814546179075	0.0057735054315
1.500000000000	2.934184948532	0.0061571084221
1.560000000000	3.053820578521	0.0065379134740
1.620000000000	3.173453097609	0.0069167695530
1.680000000000	3.293082542709	0.0072945795409
1.740000000000	3.412708953115	0.0076722451172
1.800000000000	3.532332375222	0.0080506097980
1.860000000000	3.651952839515	0.0084304390211
1.920000000000	3.771570356907	0.0088124075058
1.980000000000	3.891184921901	0.0091970949507
2.040000000000	4.010796523247	0.0095849829436
2.100000000000	4.130405132611	0.0099764634212
2.160000000000	4.250010703577	0.0103718460506
2.220000000000	4.369613175675	0.0107713656994
2.280000000000	4.489212512873	0.0111751988259
2.340000000000	4.608808675350	0.0115834676390
2.400000000000	4.728401575466	0.0119962540830

t(с)	u_x(м)	u_y(м)
2.460000000000	4.847991136519	0.0124136085327
2.520000000000	4.967577313935	0.0128355557921
2.580000000000	5.087160031362	0.0132621043549
2.640000000000	5.206739212439	0.0136932520320
2.700000000000	5.326314798085	0.0141289887516
2.760000000000	5.445886692360	0.0145692965288
2.820000000000	5.565454812295	0.0150141636618
2.880000000000	5.685019107229	0.0154635851870
2.940000000000	5.804579505743	0.0159175613229
3.000000000000	5.924130849688	0.0163920714764

На рис. 9 і рис. 10 приведені графіки залежності u_x, u_y центру мас агрегату від часу на досліджуваному інтервалі. На рис. 11 ці графіки перетворені до виду залежності u_y від u_x. Графічне представлення такої залежності ілюструє траєкторію руху центру мас агрегату.

Траєкторія руху МА приведена на рис. 11 узгоджується з дослідженнями інших авторів [5]. Збурений рух агрегату відбуватиметься в початковий період часу при деякому повороті керованих коліс. Потім, під дією пружних сил і сил тертя, відбувається повернення керованих коліс в початкове положення, і МА рухатиметься прямолінійно. Кут α, на який відхилиться при цьому агрегат, згідно з розрахунками складе 2,3º.

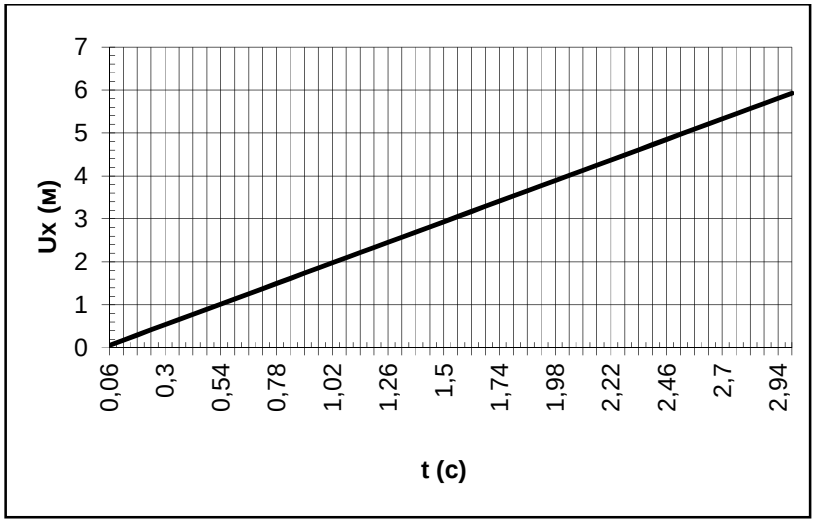

Рис. 9. Графік залежності u_x центру мас агрегату від часу

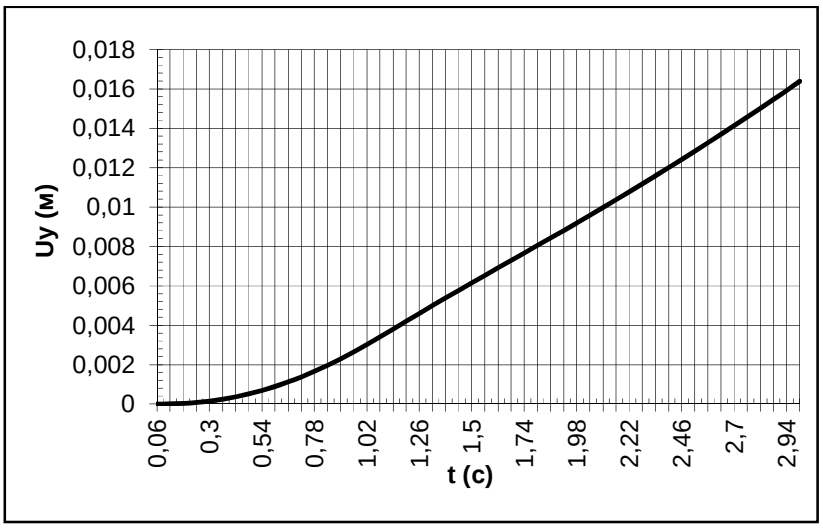

Рис. 10. Графік залежності u_y центру мас агрегату від часу

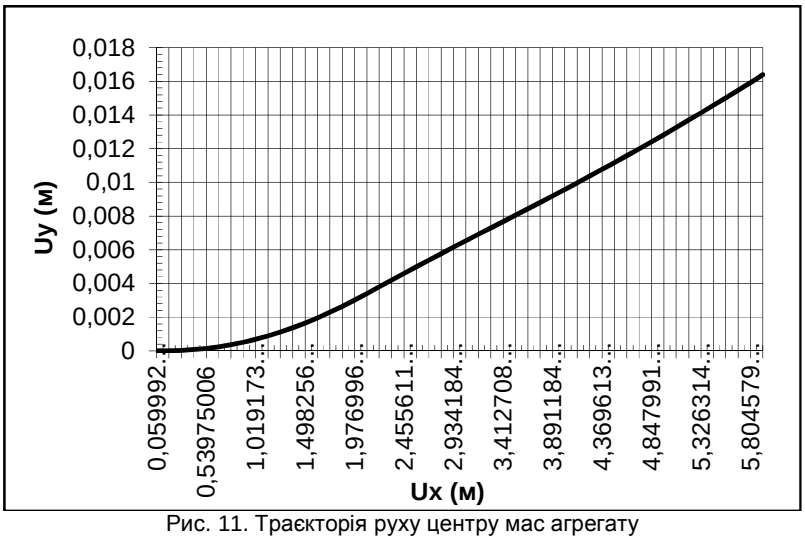

Рис. 11. Траєкторія руху центру мас агрегату

Достовірність результатів забезпечують використання як програми для розрахунків методом кінцевих елементів сертифікованого програмного комплексу (ANSYS 9.0). Крім того, розрахунки проводились при інших звичайно-елементних сітках (від 1,5 до 15 тисяч кінцевих елементів), також варіювався і крок за часом. Для всіх цих досліджень відхилення від базового розрахунку, приведеного в роботі, не перевищило 8,5%. Слід зазначити, що на практиці визначення амплітудних значень при динамічних розрахунках дає досить істотну погрішність близько 30-50%. Це пов'язано як із спрощеннями, необхідними при побудові розрахункової моделі, так і з неможливістю досить точно врахувати всі особливості поведінки конструкції в адекватній моделі тертя.

ВИСНОВКИ

Результати, отримані в цьому дослідженні, дають досить підстав говорити про те, що кут, на який відхилиться агрегат (α = 2,3º ± 1,2º) при зіткненні з перешкодами в ґрунті на технологічній глибині обробітку (масою до 50 кг), не перевищить максимально допустимий (α_{crit} = 5º). Значно істотніші кути відхилення агрегату, як показали експериментальні дослідження, можуть бути викликані нерівностями ґрунту, по якому рухається МА.

Список використаної літератури:

1. Артьомов Н.П. Повышение устойчивости движения пахотного агрегата при изменении технических параметров системы управления: дисс. кандидата техн. наук: 05.05.11 «Машины и средства механизации с.-х. производства» / Артьомов Николай Прокофьевич; ХНТУСГ им. П. Василенко. – Харьков, 2006. – 179 с.

2. Курсов И.В. Обоснование параметров приспособлений для фронтального агрегатирования культиваторов: дисс. кандидата техн. наук: 05.20.01 «Технологии и средства механизации сельского хозяйства» / Курсов Иван Витальевич; Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова. – Барнаул, 2004. – 129 с.

3. Авдеев В.М. Устойчивость и управляемость движения колесного шарнирно-сочлененного трактора по грунту в составе сельскохозяйственного агрегата: автореф. дис. канд. техн. наук: 05.05.03 / В.М. Авдеев; Харьковский политехнический институт. – Харьков, 1985. – 22 с.

4. Гячов Л.В. Устойчивость движения сельскохозяйственных машин и агрегатов / Л.В. Гячев. – М.: Машиностроение, 1981. – 206 с.

5. Антощенков Р. В. Підвищення ефективної експлуатації комбінованих грунтообробно-посівних агрегатів: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: спец. 05.05.11 «Машини і засоби механізації с.-г. виробництва» / Антощенков Роман Викторович; ХНТУСГ ім. П. Василенко. – Харків, 2010. – 21 с.

Ярошенко П.Н. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЕЛИЧИНЫ ОТКЛОНЕНИЙ КОМБИНИРОВАННОГО МАШИННОГО АГРЕГАТА ОТ ПРЯМОЛИНЕЙНОЙ ТРАЕКТОРИИ

В статье рассмотрен вопрос определения величины отклонений комбинированного агрегата от прямолинейной траектории во время выполнения технологического процесса сева.

Ключевые слова: *системный агрегат, траектория движения, посев.*

Jaroshenko P. DETERMINATION OF SIZE REJECTIONS COMBINED MACHINE ASM FROM RECTILINEAL TRAJECTORY

In the article the question determination of size rejections the combined asm is considered from a recti-

lineal trajectory during implementation technological process sowing.

A trajectory motion of machine asms during realization sowing industrial crops in a general view is not rectilineal, but shows by itself some curve near to the sinewave. It is conditioned by the row of reasons, caused by the different closeness of soil, and also external and internal indignations, operating on an asm. Especially this situation takes place at the use of the frontal hung instruments which by virtue of placing negatively influence on a straightforwardness and firmness motion of asm on the whole, cause an input and increase resistance motion of asm at implementation technological operation.

The trajectory motion of machine asm comports with researches other authors. Indignant motion of asm will take place in an initial period time at some turn the guided wheels. Then, under the action of resilient forces and forces friction, there is returning the guided wheels in initial position, and a machine asm will move rectilineal.

Results, got in this research, give enough grounds to talk that a corner on which an asm will deviate at a collision with obstacles in soil on the technological depth of till will not be exceeded by maximally possible (α_{crit} = 5º).

Keywords: *machine unit, trajectory, sowing*

Стаття надійшла в редакцію: 26.09.2013р.

Рецензент: д.ф.-м.н., професор Кузема О.С.