

**ВСЕУКРАЇНСЬКИЙ КОНКУРС СТУДЕНТСЬКИХ РОБІТ ЗІ
СПЕЦІАЛЬНОСТІ «ОХОРОНА ПРАЦІ»**

**БЕЗПЕКА РУХУ КОЛІСНИХ ТРАКТОРІВ НА ПОЛЯХ СКЛАДНОГО
ЛАНДШАФТУ**

ШИФР «БЕЗПЕКА ТРАКТОРІВ»

2021

ВСТУП

Значну частину технологічних операцій, (до 40%), сучасні колісні машини виконують на схилах. Підвищення швидкості руху колісної машини, нерівності рельєфу поля, на якому виконуються ці операції, створюють перекидаючий момент, порушуючи вимоги охорони праці тракториста - забезпечити йому безпечну експлуатацію.

Польові дороги між робочою ділянками зазвичай проходять по незручним землям, де ухили як уздовж, так і поперек дороги, можуть бути крутіше оброблюваних схилів.

Дослідженнями встановлено, що схили можуть бути різної рівності. Одні близькі до похилої площини, інші представляють увігнуту поверхню, треті опуклу або ступінчасту. Для них характерна велика кількість мікронерівностей, западин або виступаючих каменів.

Ці фактори повинні знайти відображення в рекомендаціях з охорони праці трактористу при виконанні робіт на полях складного ландшафту.

Тому дослідження з цієї тематики є актуальним.

1 СТІЙКІСТЬ - ВАЖЛИВИЙ ФАКТОР БЕЗПЕКИ ВИКОРИСТАННЯ ТРАКТОРІВ НА ПОПЕРЕЧНИХ СХИЛАХ

Збільшення випадків перекидання тракторів в останні роки зумовлено не тільки інтенсифікацією сільськогосподарських операцій, зростанням енергонасиченості і швидкості руху тракторів, збільшенням вантажопідйомності тракторних причепів при практично незмінній величині граничних кутів статичної стійкості тракторів, а й включенням в експлуатацію ділянок землі з сильно пересіченим рельєфом і більш широким використанням тракторів в лісовому господарстві і промисловому будівництві та сільськогосподарському виробництві.

На рисунку 1 представлено діаграму кількості перекидань колісних тракторів в сільському господарстві за видами робіт у відсотках.



Рис. 1 Кількості перекидань колісних тракторів в сільському господарстві за видами робіт.

На прикладі трактора Т-150К з шарнірно-зчленованими рамами встановлено, що більше половини зареєстрованих дорожньо-транспортних пригод призводять до перекидання трактора або машинно-тракторного агрегату.

Аналіз причин перекидання тракторів і тракторних поїздів, проведений дозволяє класифікувати найбільш часті випадки, виявити їх закономірність і кількість за порами року, доби і дням тижня, основні конструкційні та експлуатаційні причини, визначити наслідки аварій (табл. 1).

Таблиця 1 - Основні причини (у%) ДТП і перекидання колісних машин

Причина	Трактор	Тракторний поїзд
Конструкційні якості трактора	6,0	8,8
Незручність в керуванні	5,5	0
Технічний стан	20,5	12,0
Відсутність жорсткого каркасу кабіни, ремнів безпеки, огорожі	16,5	0
Втома водія	7,9	4,1
Алкогольне сп'яніння і порушення дисципліни	3,6	15,7
Низька кваліфікація	12,5	5,5
Порушення ПДЦ	3,5	13,1
Відсутність інструмента	7,0	0
Велика крутизна, малі радіуси повороту дороги	0	15,5
Поганий стан дороги (грязь, мікропрофіль)	3,0	22,4
Невідповідність технологічного процесу вимогам безпеки	4,9	0
Розпорядження керівництва	4,3	0
Противага нормам техніки безпеки, відсутність контролю, за небезпечною роботою	1,8	0
Інші фактори	3,0	2,9

Небезпечні умови складаються як з зовнішніх об'єктивних умов, так і в результаті небезпечних дій людини, які найчастіше не відповідають вимогам професійної поведінки. На рисунку 2 наведені показники виробничого травматизму в сільському господарстві по Харківській області, при виконанні трактористами робіт на схилах, крутизна яких 5-15 ° і вище.

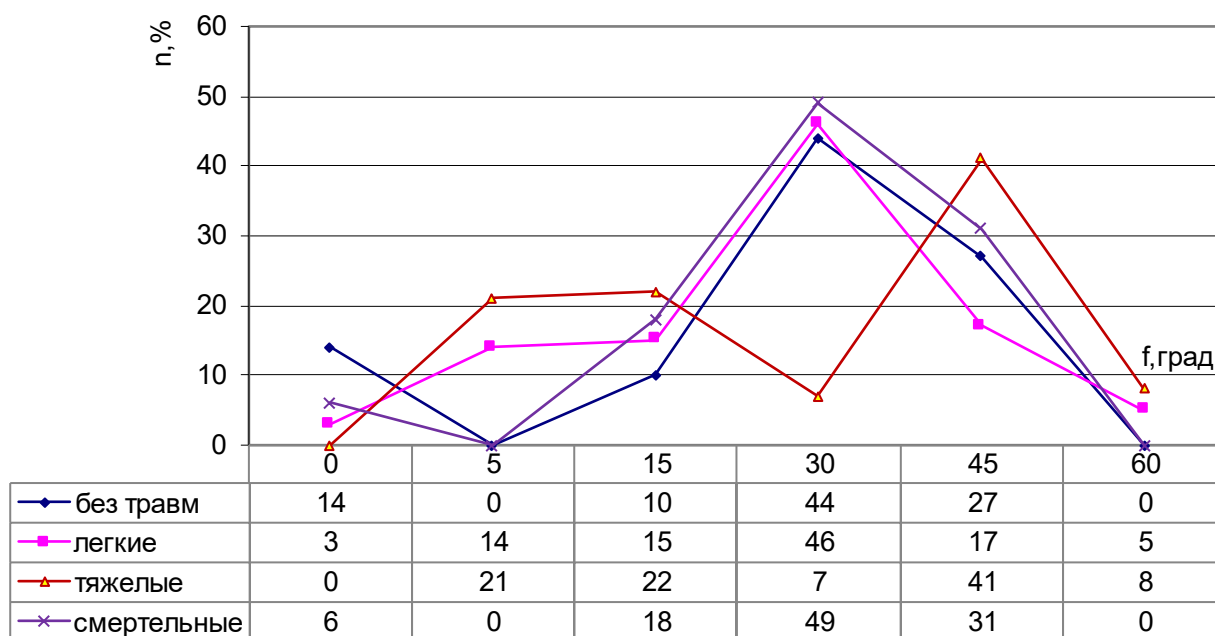


Рис.2 Вплив крутизни схилу на характер травм отриманих оператором

Аналіз показав, що випадки перекидання тракторів можуть бути поділені на три класи:

1) порушення критеріїв статичної стійкості - 8 %. У цьому випадку неминучість перекидання зумовлюється становищем системи в просторі, а не дією сил інерції або ударів, пов'язаних зі значною швидкістю;

2) порушення критеріїв динамічної стійкості - 88 %. Неминучість перекидання визначається дією сил інерції і явищами ударів, пов'язаних зі значною швидкістю МТА, а не положенням, яке при малих швидкостях могло бути безпечним;

3) впливу сторонніх тіл - 4 %, (зіткнення, вітер, удари каменів, неправильна буксирування тощо).

Так як переважна більшість випадків перекидань пов'язано з порушенням динамічних критеріїв стійкості слід приділити особливу увагу уточненню понять динамічних явищ, за характерними ознаками, що викликали перекидання:

- порушення правил організації та виробництва сільськогосподарських робіт, а також правил маневрування і руху МТА (невідповідність швидкості руху конкретних умов - перевищення швидкості, відсутність перевіреного заздалегідь наміченого безпечного маршруту та ін.);

- втрата водієм пильності (зниження уваги і несвоєчасні дії щодо забезпечення запобіжних заходів, внаслідок перевтоми або сп'яніння, недостатньої кваліфікації тощо);

- технічні несправності сільськогосподарських і транспортних агрегатів, недотримання інструкцій з підготовки їх до роботи (несправність рульового приводу, збільшений зазор в зчипному пристрої, порушення балансування та ін.).

- схили різної рівності, одні близькі до похилій площині, інші представляють увігнуту поверхню, треті опуклу або ступінчасту. Для них характерна велика кількість мікронерівностей, западин або виступаючих каменів.

Крутизна схилу найбільше позначається на якості сільськогосподарських робіт, помітно знижується продуктивність. Тяговий опір робочих органів машин із збільшенням крутизни схилу зростає, а тягове зусилля колісної машини зменшується, як через перерозподіл опорних реакцій, (погіршується зчеплення з ґрунтом), так і через необхідність компенсувати бічне сповзання агрегату під ухил, що викликає вплив і подовжує шлях.

Схили, крім інших впливів, помітно знижують запас стійкості колісної машини. Слід зазначити, що крутизна схилів ($5-25^\circ$), де проводяться транспортно-технологічні операції, є основною причиною перекидання (рис.3).

Для районів з пересіченою місцевістю характерно дрібноконтурні ділянки, розділених необроблюваними землями. Це викликає підвищення обсягу транспортних робіт на одиницю оброблюваної площі (перевезення добрив, насіння, урожаю та ін.) Вони виконуються на високих швидкостях, що сприяє

виникненню динамічних явищ, крім того в сиру погоду різко виникає небезпека бічного ковзання колісної машини.

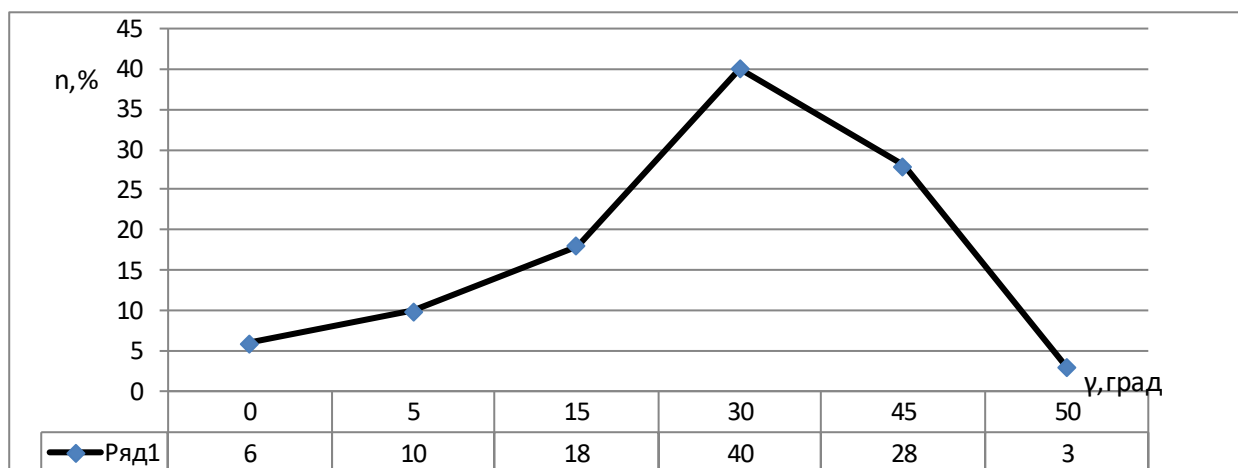


Рис.3 Розподіл випадків ($y\%$) перекидання тракторів в залежності від крутизни бічного схилу.

Польові дороги між робочими ділянками зазвичай проходять по незручних землях, де ухили як уздовж, так і впоперек дороги можуть бути крутіше оброблюваних схилів. До всього цього запас стійкості проти перекидання і сповзання може бути істотно знижений через нерівності мікрорельєфу.

Аналітичний опис мікрорельєфу профілю дороги, що характеризує випадкові впливи на машину не дозволяє моделювати динамічний вплив на рух транспортної системи рельєфу реального мікропрофілю.

Аналіз динамічного перекидання пов'язаний з вивченням руху рами трактора, як до граничного крену під впливом сил інерції і ударів, що виникають при наїзді на нерівності мікрорельєфу, так і після нього. Поєднання перешкод у вигляді поглиблень і виступів з ухилом при їх подоланні створюють динамічні явища.

2 УМОВИ ЗБЕРЕЖЕННЯ КОЛІСНОЮ МАШИНОЮ ПОПЕРЕЧНОЇ СТІЙКОСТІ ПОЛОЖЕННЯ

Стійкість положення колісних машин (або стійкість проти перекидання) є одним з експлуатаційних властивостей автомобілів і тракторів. Збереження стійкості положення колісних машин є одним з найважливіших напрямків забезпечення безпеки руху автомобілів та охорони праці при роботі на тракторах.

Нестійкість колісних машин є однією з найбільш поширених причин аварій на дорогах, що призводить до великої кількості людських жертв і значних матеріальних збитків [1].

Аналіз досліджень дозволив скласти структуру стійкості як складної багатофакторної властивості, що підрозділяється на стійкість руху і стійкість положення колісних машин на опорній поверхні (рис.4.).



Рис. 4. Класифікація ознак стійкості колісних машин

Найбільш характерними ознаками стійкості колісної машини є: поздовжня, поперечна, курсова та бічний зсув транспортного засобу.

Під поздовжньою стійкістю розуміють здатність транспортного засобу зберігати рівновагу і виключати можливість перекидання навколо спільних позицій коліс переднього або заднього мостів з дорогою (навколо осей мостів), а також ковзання в поздовжньому напрямку. Практично втрата поздовжньої стійкості по зчепленню коліс з дорогою настає раніше, ніж за перекидання.

Втрата поперечної стійкості виражається в перекиданні транспортного засобу або ковзанні в бічному напрямку під дією бічних сил. Ряд авторів відзначають вплив на процес перекидання критичної швидкості руху машини, конструктивних параметрів трактора, ґрунтово-дорожніх умов і ін. Але запропоноване різноманіття критеріїв і показників для їх оцінки мають низьку точність, що ускладнює вирішення практичних завдань, пов'язаних із забезпеченням безпеки руху колісних машин.

Фізичне і математичне моделювання руху трактора, є ефективним засобом для вивчення його динаміки, зокрема при перекиданні. Вивчення параметрів руху трактора, використовуючи різні методи, може виявити вплив різних причин на перекидання, не вимагаючи при цьому створення дорогої фізичної моделі [4].

Використаємо метод математичного моделювання динамічної стійкості трактора з шарнірно-зчленованою рамою при русі на поперечному ухилі.

Суть методу полягає в тому, що процес перекидання оцінюється витраченою на це роботою або енергією.

Розглянемо ситуацію стійкості машини з урахуванням впливу підвіски. На рисунку 5 представлена схема сил, що діють на колісну машину в поперечній площині при рухові на боковому схилі. Колісна машина представлена у вигляді двохмасової моделі. Вага не підресорених мас зосереджена у точці G_H , підресорених в точці G_{II} . При цьому $G = G_H + G_{II}$.

$$G_{\Pi} \cdot B_1 - R'_{z\Pi} B \cos \beta = 0 \quad (4)$$

Виконавши перетворення, одержано залежність реакції на правому колесі в поперечній площині від величини граничного кута стійкості:

$$R'_z = 0,5G(1 - \frac{\operatorname{tg} \beta}{\operatorname{tg} \alpha_0}) \quad (5)$$

Отже, якщо кут нахилу $\beta = \alpha_0$, тоді $R'_z = 0$. Ця ситуація є гранично допустимою при відсутності будь-яких динамічних навантажень колісної машини, що рухається. У видку порушення даної умови виникне аварійна ситуація – перекидання. Результати проведених розрахунків на прикладі колісної машини з шарнірно-зчленованою рамою представлені у вигляді графіку на рис.6.

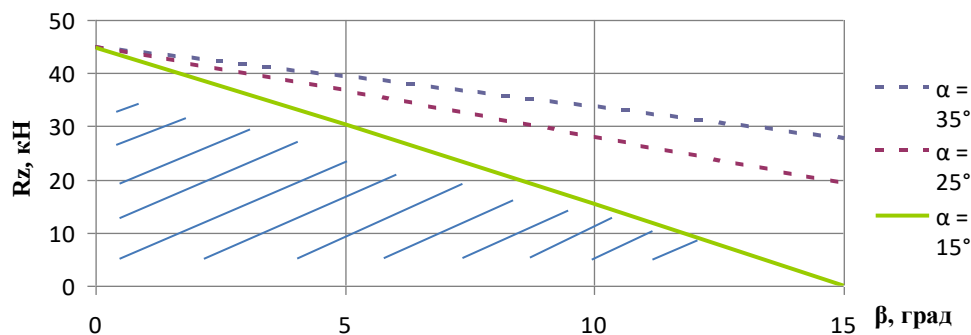


Рис. 6. Умова зберігання поперечної стійкості положення колісної машини при різних кутах статичної стійкості (α_0) і куті нахилу ($\beta = 0-15^\circ$). Зона поперечної стійкості заштрихована

У процесі руху машини при виконанні технологічної операції, будуть змінюватися величини ухилу нахилу і їх співвідношення з різними кутами статичної стійкості, утворюючи зону безпечного використання цієї машини.

3 ШЛЯХИ І МЕТОДИ ЗНИЖЕННЯ НЕБЕЗПЕЧНИХ НАСЛІДКІВ ПЕРЕКИДАНЬ

Пристосуваннями для підвищення безпеки використання колісних машин при роботах на схилах часто використовують сигналізуючі пристрої, які служать для попередження водія про небезпечний крен машини або граничний схил.

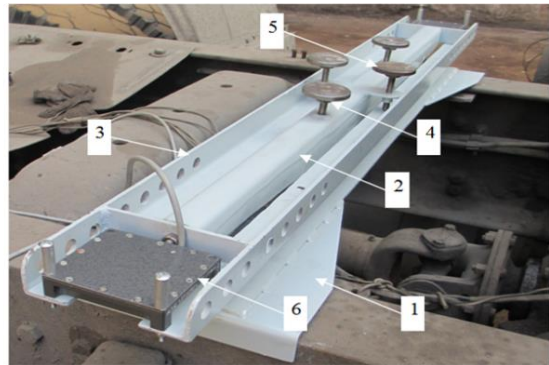
За призначенням їх можна розділити на показчики кута схилу (схиломір) або кута крену трактора (кліноміри) і сигналізатори граничного кута схилу або граничного кута крену. Всі ці пристрої об'єднують те, що при досягненні трактором граничного крену або роботі на граничному схилі сигналізуючий пристрій подає звуковий або світловий сигнал безпосередньо в кабінку оператора.

Для практичного забезпечення поперечної стійкості колісних машин при русі на ухилі і нерівностей опорної поверхні, розроблена, спільно з творчим колективом кафедри технології машинобудування і ремонту машин ХНАДУ і кафедри трактори і автомобілі ХНТУСГ, бортовий контрольно-вимірювальний комплекс, який складається з датчиків прискорень, для зняття і архівації даних та пристосування для установки датчиків в нульову позначку.

На малюнку 7 представлено контрольно-вимірювальний комплекс реєстрації стійкості колісних машин та його структурна схема роботи.

Контрольно-вимірювальний комплекс реєстрації стійкості колісних машин базується на приладі ПЗФ -2К (рис.8).

Запропонований прилад, реагуючи на відрив колеса при русі по нерівній дорозі, сигналізує оператору про перевищення кута нахилу, та змушує його, включитися в процес управління. Попередження у вигляді світлової сигналізації і написи «Кут нахилу допустимий», «Кут нахилу граничний X або Y», яке надходить від встановлених датчиків положення контрольно - вимірювального комплексу, вимагають від оператора прийняти рішення про перехід на безпечний режим руху, тим самим, підвищуючи безпеку руху колісних машин з шарнірно-зчленованими рамами.



1- установочный блок, 2 - коромисло, 3 - рамка, 4 - регулировальные винты коромисла, 5 - рамка, 6 - датчики прискорення

Структурна схема вимірювання



Рис. 7 Контрольно-вимірювальний комплекс реєстрації стійкості колісних машин



Загальний вигляд приладу ПЗФ- 2К:
а) «Кут нахилу допустимий»; б) «Кут нахилу граничний»



ПЗФ-2К на тракторі

Рис . 8 . Загальний вигляд приладу ПЗФ- 2К

Використання запропонованого контрольно-вимірювального комплексу реєстрації стійкості колісних машин показало, що наявність інформації про діапазон кутів, що характеризують наближення моменту відриву колеса у вигляді допустимого і граничного кута нахилу недостатньо для прийняття оператором раціонального рішення щодо запобігання перекидання.

Щоб інформувати оператора про процес зниження динамічних навантажень пропонується удосконалений спосіб, який дозволить захистити колісні машини зі складеними рамами від перекидання на схилі. Реалізація запропонованого способу ілюструється малюнком 9.

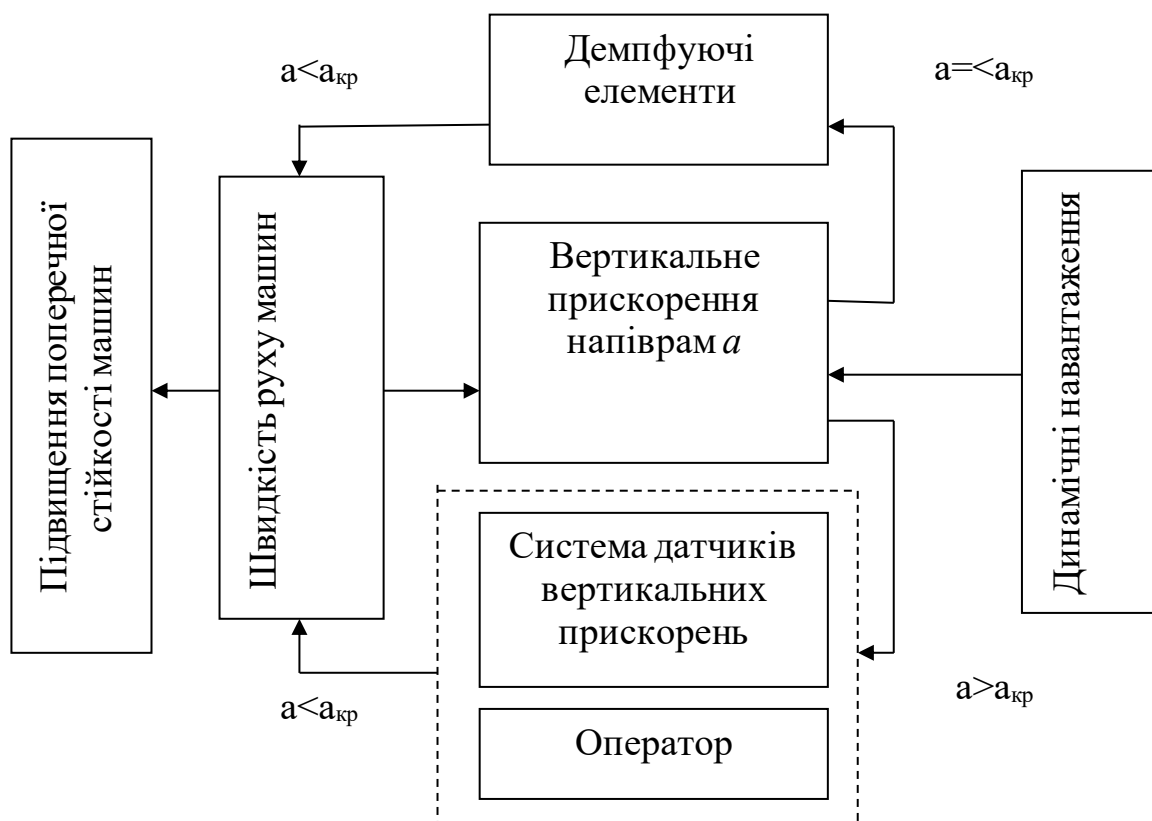


Рис. 9 Блок - схема захисту колісних машин зі складеними рамами від перекидання на схилі

У разі перевищення прискорення $a_{кр}$ або наближення до цього значення, на екрані системи, яка встановлюється в кабіні колісної машини, з'являється попередження і звучить сигнал. Оператор повинен знизити швидкість або

зупинити машину. Процес забезпечення безпечного використання мобільних машин методом парціальних прискорень представлений схемою рис. 10.

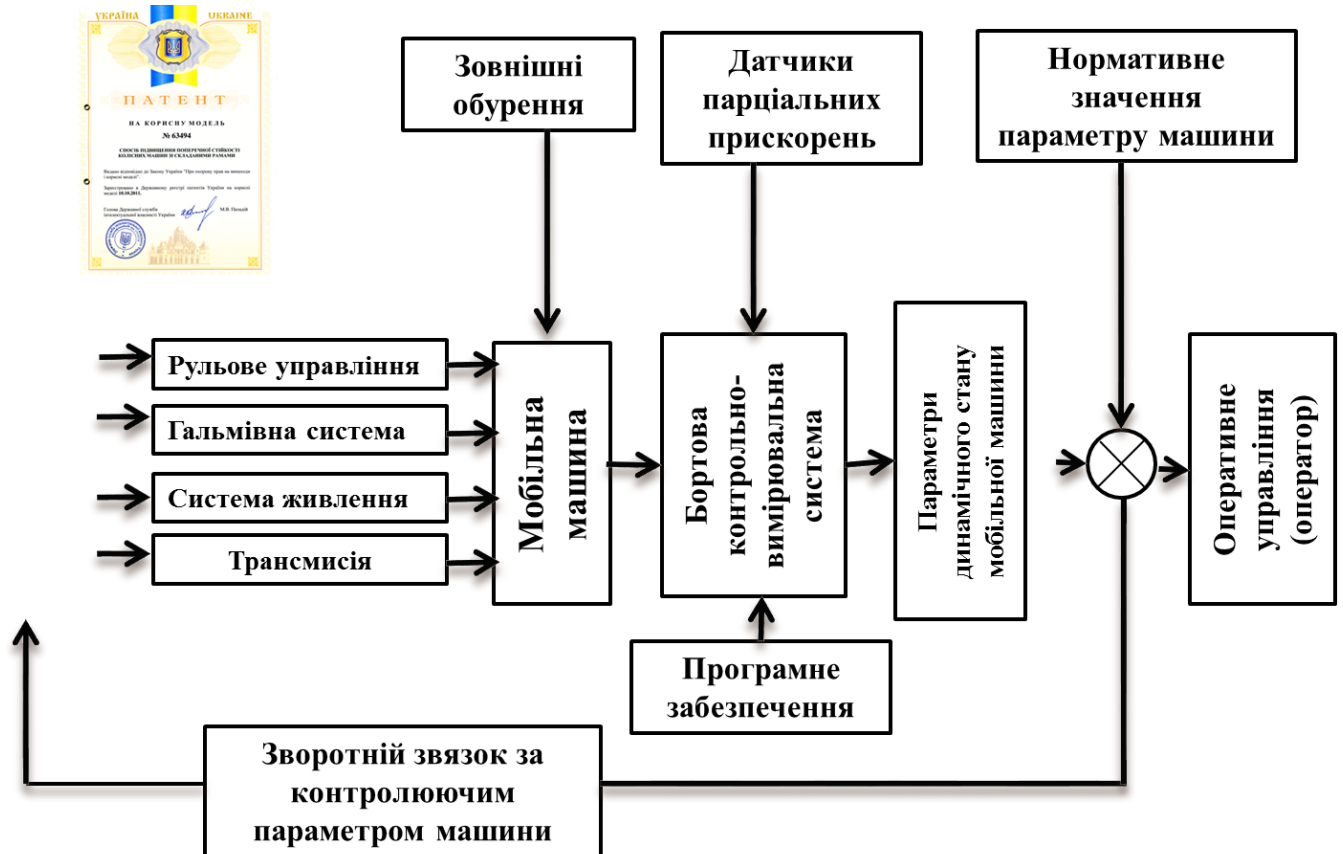


Рис. 10. Структура роботи контрольно вимірювального комплексу для стійкості колісних машин при виконанні робіт на полях складного ландшафту та патент на корисну модель.

Запропонована схема передбачає керівну роль управління наявного на тракторі оператора, але з забезпеченням його відповідною об'єктивною інформацією, яку він при бажанні може використовувати і істотно поліпшити якість управління за вказаними вище критеріями.

ВИСНОВКИ

1. Проведений аналіз використання колісних машин з шарнірно-зчленованою рамою на схилах показав, що близько 85% важких травм припадає

на транспортні роботи, причому до 30% з них зі смертельними наслідками через перекидання машини.

2. Встановлено, що найбільш значущими є такі фактори, як: кут схилу, кінетична і потенційна енергія окремих секцій і всього трактора, кут повороту між секціями, вага машини і її швидкість руху.

3. Обґрунтовано спосіб захисту колісних машин з шарнірно-зчленованою рамою від перевертання на схилі і розроблений прилад ПЗФ-2К, що дозволяють підвищити на 30% безпеку використання машини при роботі на схилі.

4. Запропоновано програмне забезпечення контрольно - вимірювального комплексу оцінки стану машини на схилі, яке враховує точність установки датчиків лінійних прискорень в нульову позначку. Розроблений комплекс заходів дозволив знизити похибку вимірювань прискорень з 3% до 1%.

5. Розроблено метод, який на практиці дозволяє виконати одну з основних вимог охорони праці тракториста - забезпечити безпеку експлуатації трактора при виконанні робіт на полях складного ландшафту.

Список літератури

1. Задорожня В.В. Актуальность научной задачи устойчивости шарнирно-сочлененных колёсных машин. Сб. н. трудов ХНТУСХ Вып. 93. т.2. – 2010. С.279-286.
2. Меркин Д.Р. Введение в теорию устойчивости движения / Д.Р. Меркин / - М.: Наука, 1976.-320с.
3. Ляпунов А.М. Общая задача об устойчивости движения. Собрание сочинений. Т.2.-М. – Л.: Из-во АН СССР. 1956.-384с.
4. Кириенко Н.М. Полянский А.С. Задорожня В.В. Прогнозирование параметров динамической устойчивости трактора с шарнирно-сочлененной рамой при работе на поперечном уклоне Тракторная энергетика в растениеводстве. Сб. н. трудов. Вып..89. – 2009. С.52-58.
5. Подригало М.А, Полянский А.С., Клец Д.М., Корчан Н.С., Задорожня В.В., Оценка устойчивости положения колесных машин методом парциальных ускорений. // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету.– Мелітополь: ТДАТУ, 2011. – Вип. 11, том 1. – С 58-66.
8. Пат. 79414 Україна, МПК G01P 15/00. Пристрій для підвищення точності встановлення датчиків прискорень на засобах транспорту / М.А. Подригало, О. С. Полянський, Н. П. Артемов [та ін.]; ХНАДУ, ХНТУСГ ім. П. Василенка. - №201210777; заявл. 14.09.12; опубл. 25.04.13, Бюл. № 8. – 6 с.