

## ИССЛЕДОВАНИЕ СИЛОВОГО УПРАВЛЯЮЩЕГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ В ПОДСИСТЕМЕ "ОПЕРАТОР-МОТОБЛОК"

**Овсянников С.И., к.т.н., доц., Марчишак А.Г., студент**  
(Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства  
имени Петра Василенко)

*Представлены конструкция установки для измерения сил на штангах управления мотоблоков, результаты исследования силового взаимодействия оператора при управлении агрегатом на базе мотоблока. Определены статистические характеристики силового взаимодействия на штанге управления в горизонтальной и вертикальной плоскостях в зависимости от нагрузки на крюке и параметров поверхности движения.*

**Введение.** Как отмечается в работе [1], производительность мотоагротехники на базе мотоблоков зависит от многих факторов, но в большей степени от доли участия в работе агрегата оператора, который выполняет следующие операции управления [2]: - обеспечение курсового направления движения через штанги управления в горизонтальной плоскости; - управление глубиной обработки через штанги управления в вертикальной плоскости; - управление работой двигателя через рукоятку управления регулятором оборотов; - переключение передач КПП; - управление работой муфты сцепления через рукоятку управления; - участие в тяговой динамике агрегата путем приложения толкающего (тянущего) усилия в продольной плоскости.

В данной работе приводятся результаты исследований силового взаимодействия между оператором и мотоблоком на штангах управления в горизонтальной и вертикальной плоскостях.

Анализ литературных источников по данной теме представлен результатами исследований вибрации на рукоятках штанг мотоблока [3], источником которых является вибрация двигателя.

**Цель работы** - определение на основе экспериментальных данных уровня силового воздействия оператора для управления движением мотоблока во время работы в тяговом режиме.

**Задачи исследования:** - разработать установку для измерения управляющего силового воздействия на штангах управления мотоблока; - разработать методику оценки силового управляющего воздействия на штангах управления; - провести оценку управляющего взаимодействия в подсистеме "оператор-мотоблок".

**Результаты работы.** Мотоблок является одноосным пешеходным транспортным средством, управление которым осуществляется шагающим вслед за агрегатом оператором через штанги управления [4]. Вес агрегата

распределяется на опорные колеса мотоблока, опорные поверхности (устройства) орудия и на оператора через штанги управления (рис. 1). Во время работы (движения) под действием реактивного момента, действующего на остов агрегата, происходит перераспределение нормальной нагрузки с опорных колес мотоблока на опорные колеса орудия и штанги управления, что приводит к изменению глубины обработки и увеличению тягового сопротивления орудия. Регулирование глубины осуществляется оператором через штанги управления в вертикальной плоскости.

В статическом состоянии усилие на штангах управления  $F_{он}$  в вертикальной плоскости определяется по условию равенства моментов относительно точки  $O'$  (рис. 1):

$$\sum M(O') = G \cdot a + F_{он} \cdot L - G_o \cdot l_o + Y_o \cdot b = 0. \quad (1)$$

Отсюда: 
$$F_{он} = \frac{G_o \cdot l_o - G \cdot a - Y_o \cdot b}{L}, \quad (2)$$

где  $G$  - вес мотоблока, Н;  $a$  - расстояние от центра масс мотоблока до точки  $O'$ , м;  $G_o$  - вес орудия, Н;  $l_o$  - расстояние до центра масс орудия от точки  $O'$ , м;  $Y_o$  - реакция почвы на опорные элементы орудия, Н;  $b$  - плечо приложения реакции почвы на опорный элемент орудия относительно точки  $O'$ , м;  $L$  - плечо приложения силы оператора на штангах управления относительно точки  $O'$ , м.

При отрицательных значениях сила  $F_{он}$  будет направлена в противоположную сторону.

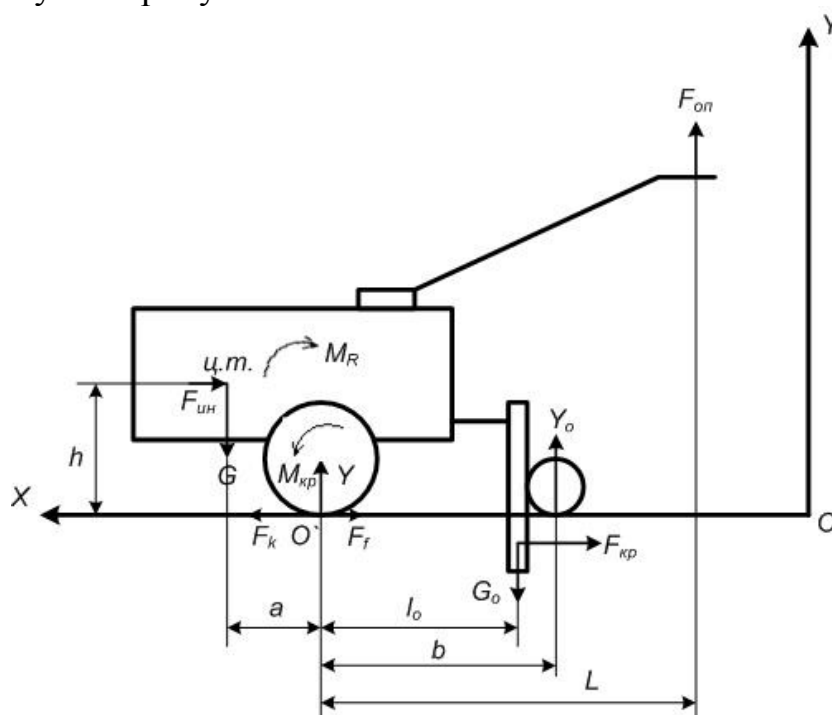


Рис. 1. Схема сил, действующих на мотоагрегат во время работы.

В процессе движения агрегата возникают дополнительные динамические силы: сила сопротивления орудия  $F_{кр}$ , сила сопротивления движению мотоблока  $F_f$ , сила сопротивления орудия  $F_{fo}$ , силы инерции  $F_{ин}$ , приложенные в

центре масс, а также другие силы, которые в данной работе не рассматриваются. Результирующей этих сил является касательная сила тяги  $F_{\kappa}$ , развиваемая под действием крутящего момента  $M_{\kappa p}$  на оси ведущих колес. Тогда на остов мотоблока будет действовать реактивный момент  $M_r$ , численно равный крутящему моменту и направленный в противоположную сторону. Уравнение моментов относительно точки  $O'$  примет вид:

$$\sum M(O') = G \cdot a + F_{on} \cdot L - G_o \cdot l_o + Y_o \cdot b - M_r \pm F_{un} \cdot h = 0. \quad (3)$$

Отсюда 
$$F_{on} = \frac{G_o \cdot l_o + M_r - G \cdot a - Y_o \cdot b \pm F_{un} \cdot h}{L}, \quad (4)$$

$h$  – высота расположения центра масс, м.

Оценить силовое взаимодействие между оператором и мотоагрегатом во время движения достаточно сложно, т.к. необходимо заменить оператора измерительными элементами в вертикальной, горизонтальной и продольной плоскостях, а также измерение вращательного момента вдоль продольной оси движения. Частично решить поставленную задачу удалось при помощи установки (рис. 2).

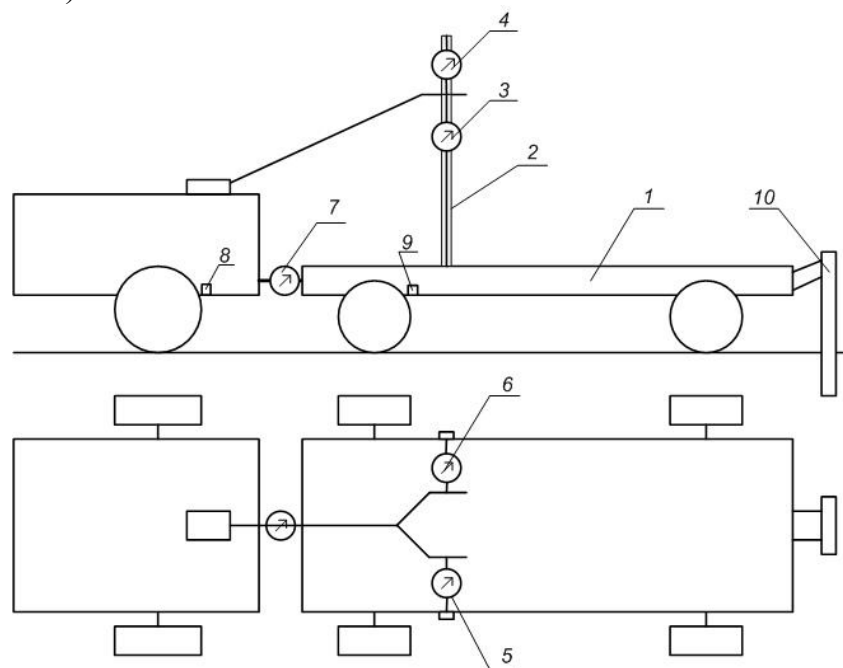


Рис. 2. Схема установки для измерения усилий на штангах управления мотоагрегата.

Установка состоит из: тележки 1, опорной рамки 2, тензометрических звеньев 3 и 4 измерения усилий в вертикальной плоскости, 5 и 6 – в горизонтальной плоскости, 7 - измерения тягового усилия на крюке. Тяговая нагрузка задавалась тормозным моментом на колесах тележки, а также загрузочным устройством 10 на задней навеске прицепа. Во время проведения экспериментов измерялись частоты вращения ведущего колеса 8 и путеизмерительного 9. Результаты измерений регистрировались измерительным комплексом на компьютер в цифровом формате [5]. Общий вид установки представлен на рис. 3.



Рис. 3. Общий вид измерительного комплекса усилий на штангах управления мотоагрегата.

В процессе экспериментов измерялись усилия в вертикальной и горизонтальной плоскостях на штангах управления, тяговое усилие на крюке и частоты вращения на ведущем и путеизмерительном колесах. Фоновой поверхностью движения служили задернелая 2-х летняя целина и грунтовая дорога. Наклон поверхности движения не превышал  $0,5^\circ$ , температура воздуха составляла  $17-19^\circ\text{C}$ , скорость ветра - до 3 м/с. Влажность почвы измерялась методом высушивания образцов.

Перед проведением экспериментов выполнялась тарирование тензометрических звеньев образцовым динамометром конструкции Токарева, а путеизмерительного колеса – на мерном участке полигона. Полученные тарировочные коэффициенты использовались в расчетной программе регистрации результатов измерений. Исследования проводились на базе мотоблока "Мотор-Сич" при движении на 1 передаче.

Полученные в ходе исследования данные подвергались статистическим методам обработки результатов эксперимента, а именно рассчитывалось среднее значение параметров, среднеквадратичное отклонение и дисперсия. На рис. 4 представлены гистограммы и кривые распределения усилий на штанге управления в горизонтальной плоскости при движении по стерне и грунтовой дороге, а в табл. 1 – параметры статистических характеристик исследований.

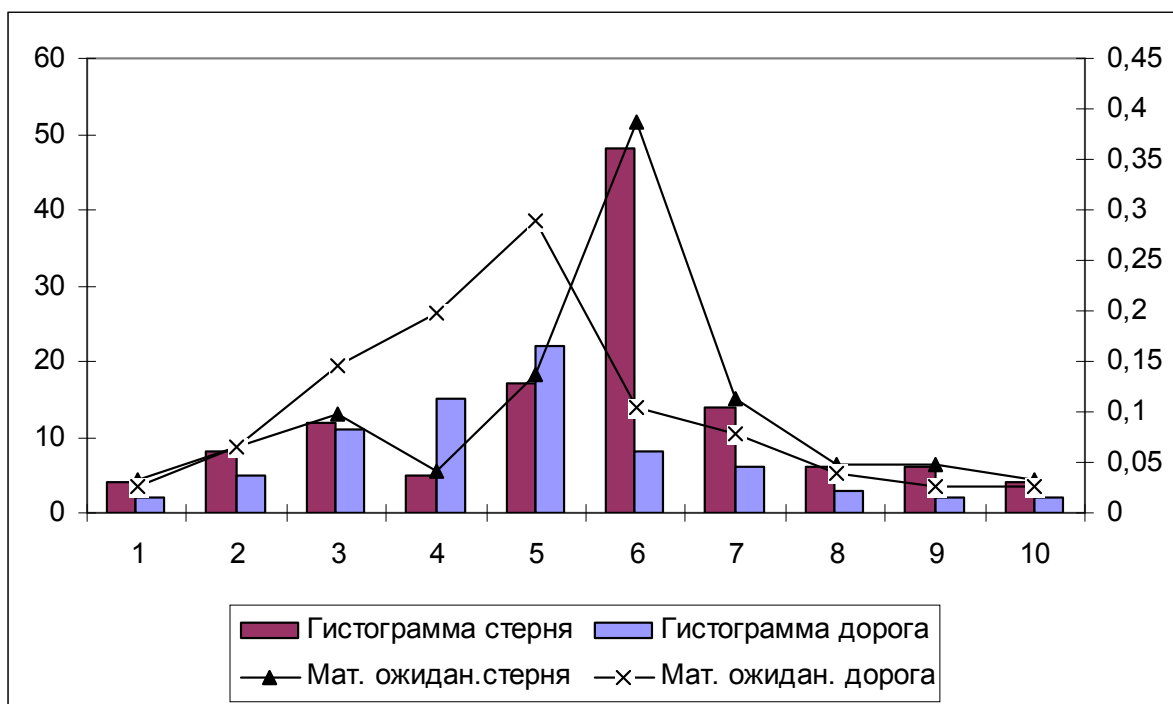


Рис. 4. Гистограммы и кривые распределения усилий на рукоятках штанг управления мотоблока "Мотор-Сич" при движении по задернелой стерне и грунтовой дороге.

На рис. 5 представлен график сил на штангах мотоблока и на крюке в подсистеме "оператор-мтоблок" в процессе движения по задернелой стерне. Кривые усилий в вертикальной плоскости на штанге управления достаточно четко отслеживают изменение усилия на крюке, что подтверждает зависимость (4). Характер рассеивания величин имеет нормальное распределение.

Важным показателем оценки степени физического участия оператора в управлении мотоблоком являются скорость и ускорение изменения нагрузки на штангах управления:

$$V_F = \frac{dF}{dt}, \text{ Н/с}, \quad (5)$$

$$a_F = \frac{V_F}{dt} = \frac{d^2F}{dt^2}, \text{ Н/с}^2. \quad (6)$$

График изменения скорости и ускорения изменения силы на штанге управления в вертикальной плоскости и силы на крюке в процессе движения представлен на рис. 6, результаты статистической обработки этих параметров – в табл. 2.

Таблица 1. Результаты экспериментальных исследований усилий на штангах управления мотоблока "Мотор Сич" на стерне и грунтовой дороге.

№ опыта	Почвенный фон	Кол-во замеров	F <sub>кр.ср</sub>	Верт. плоскость			Гориз. плоскость		
				F <sub>ср</sub>	дисп.	σ	F <sub>ср</sub>	дисп.	σ
570	Стерня	143	70,7	17,9	534,7	23,1	-6,77	45,6	6,75
569		143	57,2	5,86	751,7	27,4	-0,95	113,1	10,63
568		124	88	30,76	197,1	14,0	1,08	151,6	12,3
567	Грунтовая дорога	76	23,8	-4,53	30,23	5,5	-0,69	0,81	0,9
564		76	22,8	-5,50	53	7,28	-0,14	1,58	1,26

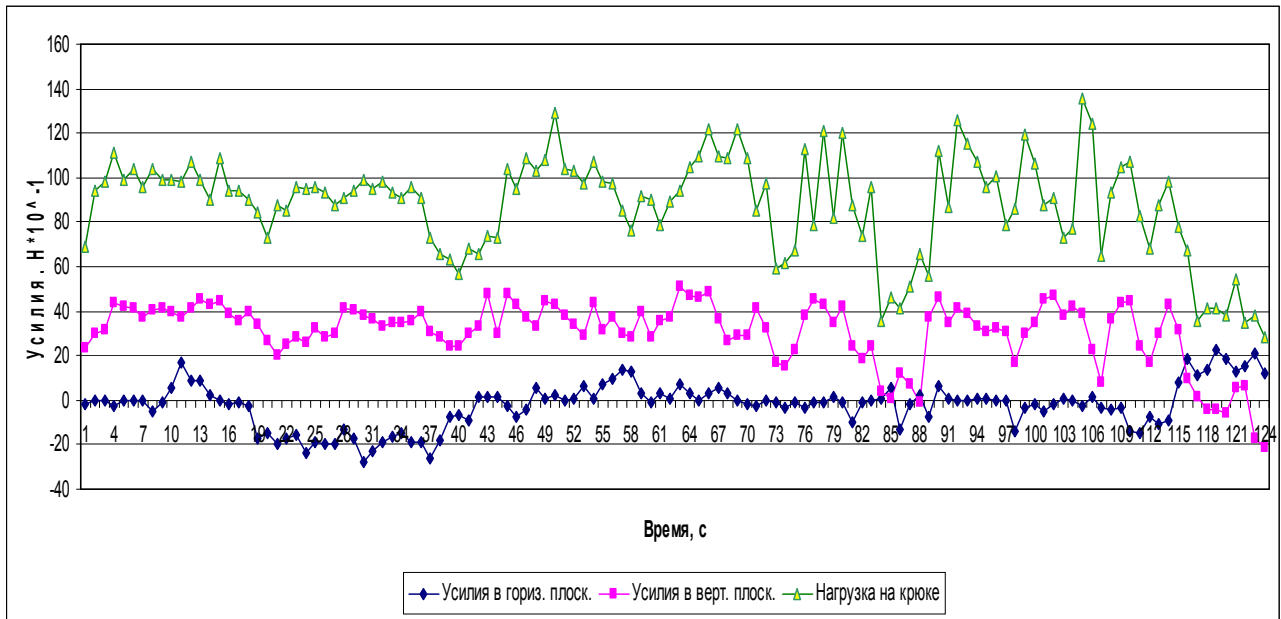


Рис. 5. График изменения усилий в горизонтальной и вертикальной плоскостях на штанге управления мотоблока в процессе движения.

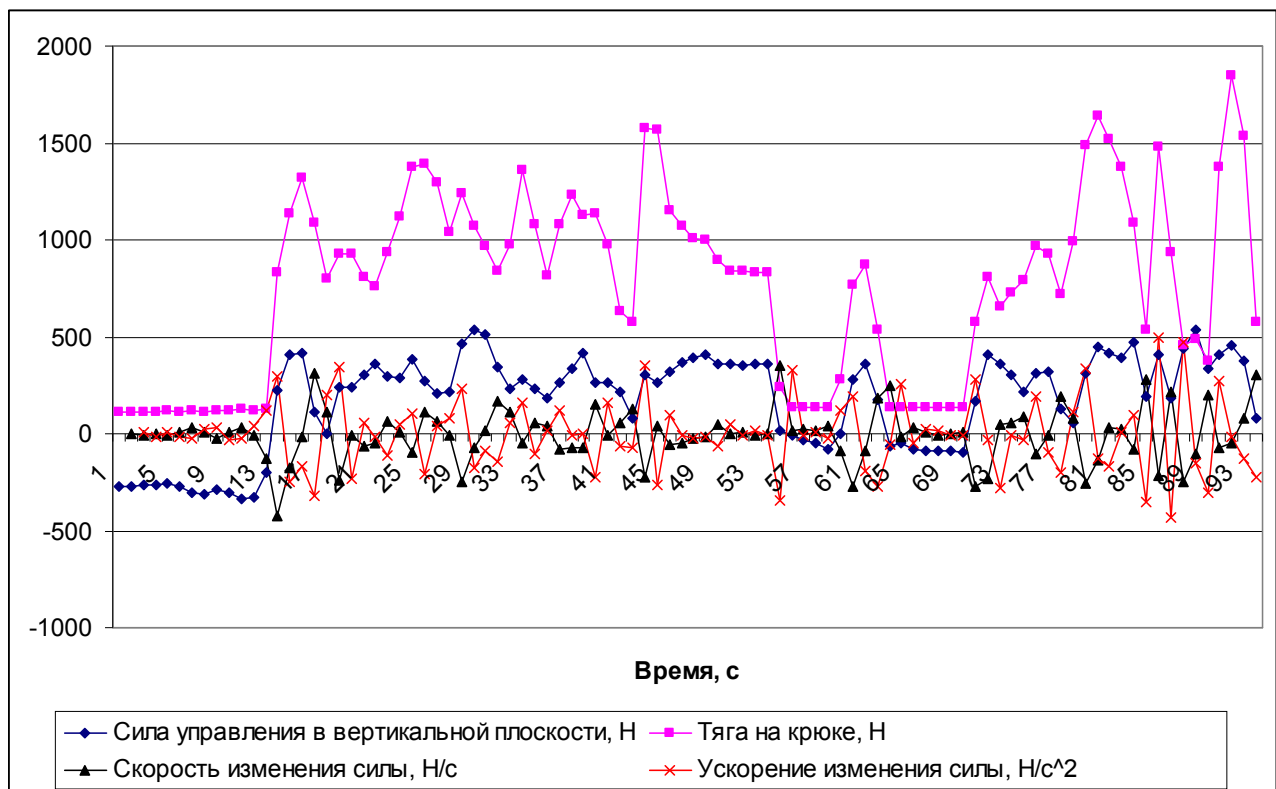


Рис. 6. График изменения сил на крюке и штанге управления мотоблоком в вертикальной плоскости, скорости и ускорения изменения силы управления в процессе движения мотоблока.

Таблица 2. Результаты статистической обработки изменения силы, скорости и ускорения на штангах управления в вертикальной плоскости при движении мотоблока с нагрузкой на крюке (опыт 559).

Наименование показателя	Сила управления на штанге, Н	Скорость изменения силы, Н/с	Ускорение изменения силы, Н/с <sup>2</sup>
Среднее значение	176,6	-3,72	-3,26
Максимальное значение	539,4	348,5	493,0
Минимальное значение	-335	-426,3	-433,3
Дисперсия	57989	17938	32683
Среднеквадратическое отклонение	240,8	133,9	180,8

**Выводы.** Разработанная установка позволяет оценить силовое воздействие оператора и мотоблока в горизонтальной и вертикальной плоскостях. Полученные результаты исследования силового воздействия на управление мотоагрегатом указывают на значительное увеличение разброса сил с увеличением нагрузки на крюке а также параметров фона поверхности движения. Для оценки физического участия оператора в управлении мотоблоком кроме среднего значения усилий и их среднеквадратических отклонений, необходимо использовать параметры скорости и ускорения изменения сил на штангах управления.

### Список литературы

1. Овсянников С.И. Классификация и концепция развития мини-агротехники / Вісн. наук. праць ХНТУСХ, вип. 94. –Х.: ХНТУСХ, 2010. - С. 304-309.
2. Овсянников С.И., Ремарчук Н.П. Аспекты функциональной стабильности сельскохозяйственных агрегатов на базе мотоблоков. // Сільськогосподарські машини: Зб. наук. ст.. – Вип. 20. – Луцьк: Ред.. – вид. відділ ЛНТУ, 2010 – С. 234 – 242.
3. Шкляр А. Аналіз вібраційних характеристик, що діють на оператора засобів малої механізації // Техніка і технології АПК, 2009. №2. – С. 32-34
4. [http: \ ru.wikipedia.org / wiki / Мотоблок](http://ru.wikipedia.org/wiki/Мотоблок)
5. Овсянников С.И., Шевченко С.А., Мостепанюк Е.А. Анализ измерительных систем для определения параметров поверхности движения самоходных машин // Межвузовский сборник научных трудов. Перспективные технологии, транспортные средства и оборудование при производстве, эксплуатации, сервисе и ремонте. - Воронеж: ГОУ ВПО "ВГЛТА", 2009. - Вып. 4. - С. 150-155.

## **Анотація**

### **ДОСЛІДЖЕННЯ СИЛОВОЇ ВЗАЄМОДІЇ НА КЕРУВАННЯ В ПІДСИСТЕМІ "ОПЕРАТОР-МОТОБЛОК"**

Овсянніков С.І., Марчишак О.Г.

*Представлені конструкція установки для вимірювання сил на штангах керування мотоблоків, результати дослідження силової взаємодії під час керування агрегатом на бази мотоблока. Визначені статистичні характеристики силової взаємодії на штангах керування в горизонтальній і вертикальній площинах в залежності від навантаження на гаку і параметрів поверхні руху.*

## **Abstract**

### **RESEARCH OF POWER INTERACTION TO DRIVE THE SUBSYSTEM "THE OPERATOR – THE WALKING TRACTOR"**

Ovsiannikov S.I., Marchishak A.G.

*Results of research of power interaction of the operator are presented a design of installation for measurement of forces on control levers Walking Tractor, at management of the unit on Walking Tractor. Statistical characteristics of power interaction on a control lever in horizontal and vertical planes depending on loading on a hook and parameters of a surface of movement are defined.*