

Выводы.

1. Показатель динамической плотности грунта C в пределах забоя непостоянный и может иметь различные значения.
2. Величина усилия резания грунта и точка приложения равнодействующей этого усилия меняются, и вызывают переменные нагрузки в конструкции автогрейдера.
3. Аналогичное действие вызывают неровности поверхности забоя. Величина неровностей забоя не коррелирует с величиной динамической плотности грунта.
4. Переменная величина динамической плотности грунта и неровности забоя оказывают влияние на усталостные характеристики конструкции.

ЛИТЕРАТУРА

1. Холодов А.М. Теоретическое выражение сопротивления грунта лобовому резанию широким плоским ножом // Горные, строительные и дорожные машины. – К.: Техніка, 1965.–Вып. 1.– С. 5–13.
2. Демішкан В.Ф., Нічке В.В. Підвищення якості землерийно-транспортних машин удосконаленням робочого процесу. / Видавництво ХНАДУ, 2007. – 272 с.
3. Розенфельд Н.В. Анализ нагрузок, действующих на автогрейдер при первом проходе. / Розенфельд Н.В., Истомин В.П., // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. Петра Василенка. Вип. 111, «Системотехніка і технології лісового комплексу», «Транспортні технології», Харків, 2011. С. 3 – 8.

УДК 621.869.33

А. А. РЕЗНИКОВ, аспірант.

Харьковский национальный автомобильно – дорожный университет

ВЛИЯНИЕ ПОЛОЖЕНИЯ ГРЕЙДЕРНОГО ОТВАЛА НА НАГРУЗКИ, ДЕЙСТВУЮЩИЕ В МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИИ ОСНОВНОЙ РАМЫ АВТОГРЕЙДЕРА

Актуальность вопроса. При расчетах нагрузок, действующих в металлоконструкции основной рамы автогрейдера [1], возникает необходимость определения точки приложения внешнего рабочего усилия, положение которого зависит от расположения режущей кромки в пространстве. Это вызвано необходимостью учета плеча приложения внешних

нагрузок на основном отвале. Основными определяющими параметрами положения режущей кромки в пространстве являются элементы системы подвеса и выноса тяговой рамы с отвалом.

Основной задачей системы подвески основного отвала автогрейдера является обеспечение заглубления и выглубления основного отвала автогрейдера, поддержание его в заданном положении а также вынос тяговой рамы и отвала в сторону от продольной оси автогрейдера для профилирования откосов. При этом отвал должен фиксироваться в различных положениях, вплоть до вертикального. Классическая конструкция подвески основного отвала автогрейдера представлена на рис. 1.

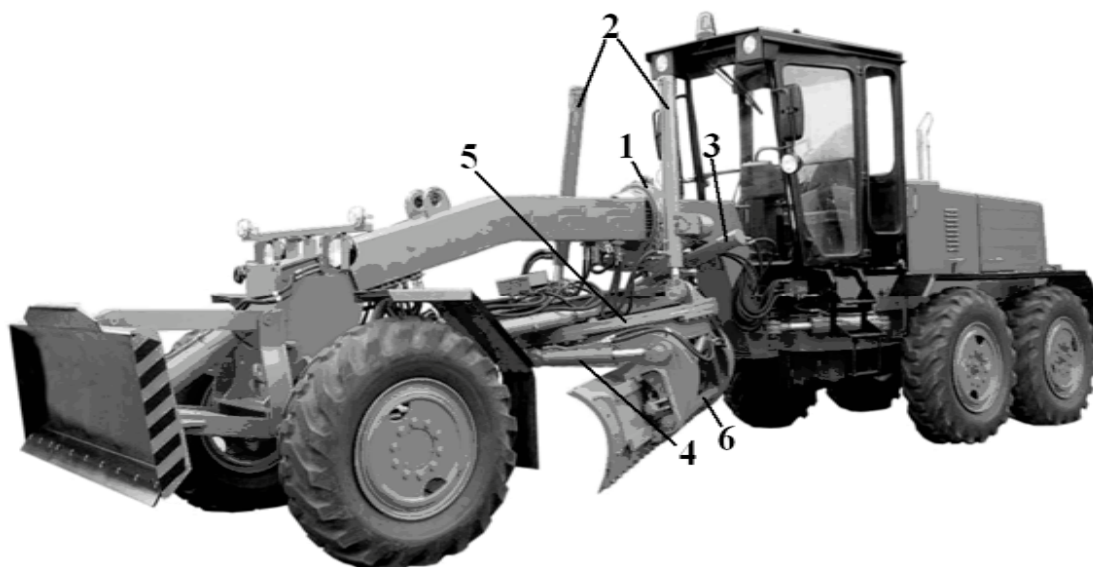


Рис. 1 Система подвески основного отвала автогрейдера: 1-поворотная проушина крепления гидроцилиндров подъема – опускания тяговой рамы; 2-гидроцилиндры подъема – опускания тяговой рамы; 3 – гидроцилиндр выноса тяговой рамы в сторону; 4-гидроцилиндры изменения угла резания; 5-поворотный круг; 6-гидроцилиндр выноса отвала в сторону.

Анализ публикаций. Вопросы определения положения режущей кромки отвала рассмотрены в работе [2], где предложена методика расчета положения режущей кромки. Указанная методика базируется на расчете углов Эйлера, определяющих положение тяговой рамы, что не совсем удобно по практическим соображениям. Более естественным для определения положения режущей кромки способом является задание длин гидроцилиндров подвески основного отвала.

Существующие кинематические схемы подвесок основной рамы и их конструктивные особенности рассмотрены в работе [3]. Вопросы стабилизации положения грейдерного отвала представлены в работах [4, 5].

Цель и задачи работы. С целью изучения закономерностей формирования максимальных напряжений, действующих в металлоконструкции основной рамы автогрейдера, в зависимости от параметров установки основного отвала были поставлены следующие задачи:

- разработать алгоритм определения положения режущей кромки в пространстве;
- выполнить расчет максимальных напряжений действующих в металлоконструкции автогрейдера с учетом полученного алгоритма и проверить адекватность расчетных данных экспериментальным.

Основная часть. Положение в пространстве деталей подвески отвала и самого отвала с режущей кромкой определяется рядом параметров (обобщенных координат), которые регулируются при операциях установки, связанных с поворотом проушины; поворотом тяговой рамы в шкворне; поворотом поворотного круга; поворотом отвала относительно его оси при установке угла резания; выносе отвала по направляющим. Положение в пространстве должно быть определено в неизменной глобальной системе координат, связанной, например, с поверхностью обрабатываемого грунта или неизменяемой частью автогрейдера. Задача определения положения элементов подвески отвала сводится к построению алгоритма (а в лучшем случае расчетных формул) по которому глобальные координаты элементов подвески рассчитываются по изменяемым параметрам установки и данным начального положения элементов, которые считаются известными.

Общая схема определения положения подвески может быть представлена как последовательность отдельных относительных смещений элементов при изменении соответствующего параметра установки. При этом вводятся различные системы координат, связанные с отдельными элементами, которые изменяют положение по отношению друг к другу. Расчет глобальных координат выполняется последовательным переходом от одной системы координат к другой согласно правилам аналитической геометрии.

Расчет удобно разделить на две части. В первой, наиболее трудоемкой, определяется положение в пространстве тяговой рамы, на которое влияет положение проушины с верхними узлами крепления гидроцилиндров и длины самих гидроцилиндров. Во второй определяется положение режущей кромки в системе координат, связанной с тяговой рамой, зависящее от поворота поворотного круга, поворота отвала и длины его выдвижения. Рассмотрим последовательность расчетов, относящихся к указанным частям.

На рис. 2 представлена схема установки положения тяговой рамы, которое однозначно определяется длинами гидроцилиндров со штоками 4 (AD , CF , BE) и положением в пространстве их верхних точек крепления A , B , C . При занятии положения в пространстве со-

ответственно длинам гидроцилиндров тяговая рама в шкворне совершает сферическое перемещение.

Вводятся следующие системы координаты: глобальная x, y, z , связанная с грунтом или грейдером; местные системы координат с осями, параллельными глобальным x_1, y_1, z_1 и x_2, y_2, z_2 с началами соответственно в центре проушины O_1 и шкворне O_2 ; местные системы координат, связанные с проушиной x'_1, y'_1, z'_1 , а также тяговой рамой x'_2, y'_2, z'_2 и x_3, y_3, z_3 ($x'_2 \parallel x_3, y'_2 \parallel y_3, z'_2 \parallel z_3$) соответственно с началами O_2 в шкворне и O_3 в центре поворотного круга. Местные системы координат разориентированы по отношению к глобальным. Координаты произвольной точки в разориентированных системах координат с общим началом связаны между собой матричным соотношением.

$$\{r\} = [A] \cdot \{r'\}, \quad (1)$$

где $\{r\}, \{r'\}$ – векторы координат “старой” системы $r\{x, y, z\}$ и “новой” $r'\{x', y', z'\}$; $[A]$ – матрица направляющих косинусов осей ”старой” и ”новой” систем координат, имеющая вид

$$[A] = \begin{bmatrix} l_1 & l_2 & l_3 \\ m_1 & m_2 & m_3 \\ n_1 & n_2 & n_3 \end{bmatrix}, \quad \begin{aligned} l_1 &= \cos(x, x'), l_2 = \cos(x, y'), l_3 = \cos(x, z'); \\ m_1 &= \cos(y, x'), m_2 = \cos(y, y'), m_3 = \cos(y, z'); \\ n_1 &= \cos(z, x'), n_2 = \cos(z, y'), n_3 = \cos(z, z'). \end{aligned} \quad (2)$$

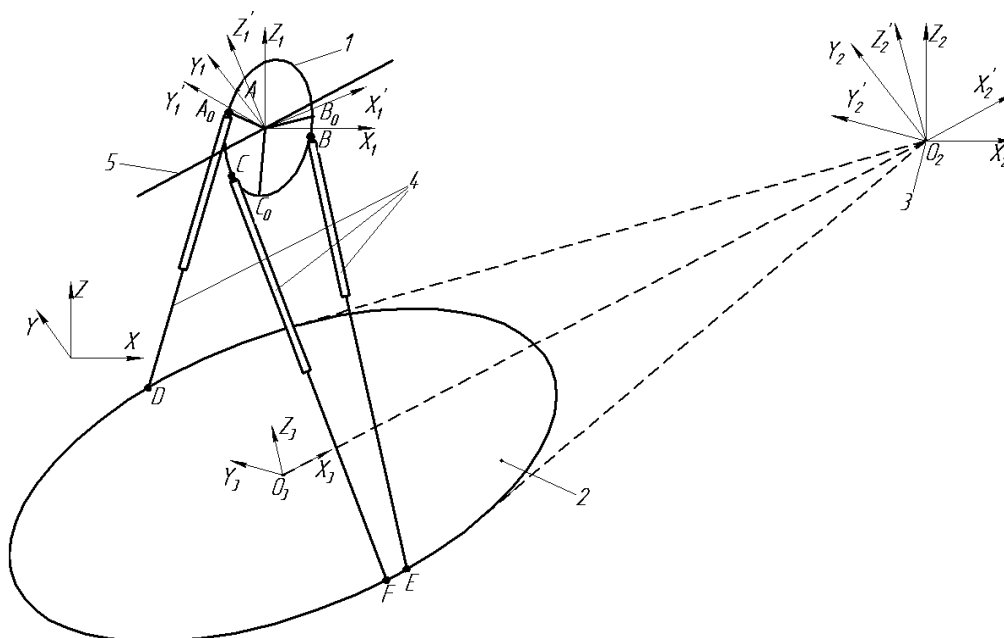


Рис. 2. Кинематическая схема установки положения тяговой рамы: 1 – проушина; 2 – тяговая рама; 3 – шкворень; 4 – гидроцилиндры; 5 – ось хребтовой рамы.

Верхние точки крепления гидроцилиндров в начальном положении занимают положение A_0, B_0, C_0 на проушине, а после ее поворота на угол ψ (относительно оси x_1') в системе координат x_1', y_1', z_1' могут быть определены по формулам

$$x_1'(A) = x_1'(B) = x_1'(C) = 0 \text{ (точки } A, B, C \text{ лежат в плоскости } y_1' O_1 z_1');$$

$$y_1'(A) = y_1'(A_0)\cos\psi - z_1'(A_0)\sin\psi; \quad z_1'(A) = y_1'(A_0)\sin\psi - z_1'(A_0)\cos\psi.$$

(формулы для координат точек B, C аналогичны).

В координатах x_1, y_1, z_1 ("старых") положение точек A, B, C определяется по формуле (1), при этом матрица $[A]$, исходя из взаимного расположения осей x_1, y_1, z_1 и x_1', y_1', z_1' (рис. 2, где φ – угол наклона оси хребтовой рамы у проушины к горизонту), имеет вид

$$[A_1] = \begin{bmatrix} \cos\varphi & 0 & -\sin\varphi \\ 0 & 1 & 0 \\ \sin\varphi & 0 & \cos\varphi \end{bmatrix}.$$

Глобальные координаты точек A, B, C вычисляются соответственно параллельному переносу осей

$$\{r(A)\} = \{r(O_1)\} + \{r_1(A)\} \text{ (для точек } B, C \text{ аналогично).}$$

Таким образом, положение верхних точек крепления гидроцилиндров определено и зависит от угла поворота проушины ψ .

Положение тяговой рамы однозначно определяется длинами гидроцилиндров. Ему соответствует определенного вида сферическое перемещение в шкворне, которое может быть охарактеризовано некоторыми угловыми параметрами в качестве таких параметров выбраны углы последовательного поворота тяговой рамы относительно осей O_2x_2, O_2y_2, O_2z_2 : α – угол поворота относительно оси O_2x_2 ; β – угол последовательного поворота относительно оси O_2y_2 ; γ – угол последовательного поворота относительно оси O_2z_2 .

В результате сферического перемещения оси координат $O_2x_2', O_2y_2', O_2z_2'$ ("новые" оси) и параллельные им оси O_3x_3, O_3y_3, O_3z_3 , связанные с рамой, повернуты относительно осей O_2x_2, O_2y_2, O_2z_2 ("старые" оси), причем матрица косинусов $[A_2]$ углов между указанными осями следующая:

$$[A_2] = \begin{bmatrix} \cos\beta \cos\gamma & \sin\alpha \sin\beta \cos\gamma - \cos\alpha \sin\gamma & \cos\alpha \sin\beta \cos\gamma - \sin\alpha \sin\gamma \\ \cos\beta \sin\gamma & \sin\alpha \sin\beta \sin\gamma - \cos\alpha \cos\gamma & \cos\alpha \sin\beta \sin\gamma - \sin\alpha \cos\gamma \\ -\sin\beta & \sin\alpha \cos\beta & \cos\alpha \cos\beta \end{bmatrix}. \quad (3)$$

Глобальные координаты (x, y, z) точек, принадлежащие тяговой раме и задаваемые в местной системе координат x_3, y_3, z_3 с началом в центре поворотного круга, включая нижние точки крепления гидроцилиндров D, E, F , можно определить по формулам

$$\{r\} = \{r(O_2)\} + [A_2] (\{r'_2(O_3)\} + \{r_3\}). \quad (4)$$

Здесь $\{r\}$ – вектор глобальных координат x, y, z для произвольной точки, а $\{r(O_2)\}$ – для начала координат O_2 ; $\{r'_2\}$, $\{r_3\}$ – векторы координат x'_2, y'_2, z'_2 и x_3, y_3, z_3 соответственно.

Таким образом, при заданных углах α, β, γ могут быть рассчитаны глобальные координаты x, y, z произвольной точки в системе координат x_3, y_3, z_3 .

Первичными, задаваемыми величинами являются длины гидроцилиндров l_{AD}, l_{BE}, l_{CF} , определяемые глобальными координатами верхних и нижних точек крепления. Расчетными, вторичными величинами являются углы α, β, γ , которые должны быть определены по l_{AD}, l_{BE}, l_{CF} . При этом применен алгоритм, основанный на переборе значений α, β, γ с небольшим шагом из заданных интервалов, причем границы интервалов можно ограничить, например, углом 45° , т. е. поиск путем перебора углов $\alpha^*, \beta^*, \gamma^*$, соответствующих заданным $l_{AD}^*, l_{BE}^*, l_{CF}^*$, выполняется в параллелепипеде $0 \leq \alpha \leq 45^\circ, 0 \leq \beta \leq 45^\circ, 0 \leq \gamma \leq 45^\circ$. В качестве критерия выбрана невязка

$$f = |l_{AD} - l_{AD}^*| + |l_{BE} - l_{BE}^*| + |l_{CF} - l_{CF}^*|, \quad (5)$$

где l_{AD}, l_{BE}, l_{CF} – изменяемые при переборе углов α, β, γ длины гидроцилиндров.

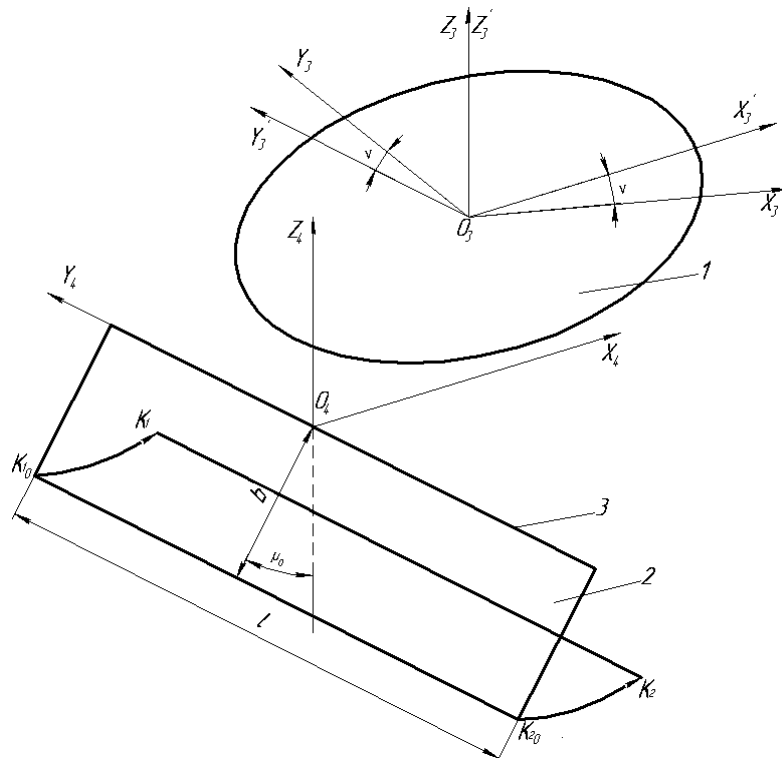


Рис. 3. Кинематическая схема установки отвала:
1 – поворотный круг; 2 – отвал; 3 – ось поворота отвала.

Близость величины f к нулю определяет соответственное положение тяговой рамы (α^* , β^* , γ^*) с близкими к заданным длинами гидроцилиндров.

После определения положения в пространстве тяговой рамы (ориентации осей, связанных с рамой O_3x_3 , O_3y_3 , O_3z_3 , и положении центра поворотного круга O_3) дальнейшее формирование положения отвала связано с поворотом поворотного круга вокруг его оси, поворотом отвала относительно его оси поворота и смещением отвала по направляющим (рис. 3). Для получения расчетных соотношений вводятся местные системы координат: $O_3x'_3y'_3z'_3$, связанная с вращающейся относительно тяговой рамы частью поворотного круга, и $O_4x_4y_4z_4$, параллельная указанной системе и связанная с осью поворота отвала.

В исходном состоянии положение режущей кромки определяется ее крайними точками K_{10} , K_{20} , а после поворота отвала (на угол μ) – точками K_1 , K_2 . Кроме этого, возможно смещение вдоль направляющих (оси отвала O_4y_4) на величину c . Положение точек K_1 , K_2 после поворота отвала и смещения по направляющим последовательно рассчитывается в системе координат x_4 , y_4 , z_4 , а затем выполняется переход к параллельной системе координат x'_3 , y'_3 , z'_3 , где координаты определяются формулами:

$$\begin{aligned} x'_3(K_1) &= x'_3(K_2) = x'_3(O_4) - b\sin(\mu_0 - \mu); \\ y'_3(K_1) &= c + l/2, \quad y'_3(K_2) = c - l/2; \\ z'_3(K_1) &= z'_3(K_2) = z'_3(O_4) - b\cos(\mu_0 - \mu), \end{aligned} \quad (6)$$

где μ_0 – угол исходного (крайнего) положения отвала; b – хорда профиля, а l – длина режущей кромки отвала.

Переход к системе координат x_3 , y_3 , z_3 , связанной с тяговой рамой выполняется согласно стандартных соотношений (1), при этом матрица косинусов $[A_3]$ связи “старых” x_3 , y_3 , z_3 и “новых” x'_3 , y'_3 , z'_3 координат следующая (рис. 2)

$$[A_3] = \begin{bmatrix} \cos \nu & -\sin \nu & 0 \\ \sin \nu & \cos \nu & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}.$$

Таким образом, изложен алгоритм и расчетные соотношения, составляющие предложенную методику, которые позволяют рассчитать по отношению к обрабатываемому грунту положение в пространстве всех элементов подвески отвала автогрейдера, в частности положение режущей кромки. Изменяемыми параметрами, регулирующими положение отвала, являются угол поворота проушины ψ , длины гидроцилиндров со штоками l_{AD} , l_{BE} , $l_{CF}(\alpha^*, \beta^*, \gamma^*)$, углы поворота поворотного круга ν и отвала μ , смещение отвала по на-

правляющим c . Методика реализована в виде компьютерной программы, которая апробирована.

На основании изложенной методики, а также методики расчета нагрузок действующих в металлоконструкции основной рамы автогрейдера [1], был проведен анализ влияния выноса основного отвала и угла установки отвала в плане на максимальные динамические нагрузки в металлоконструкции основной рамы автогрейдера (рис. 4а).

Сравнение полученных расчетных и экспериментальных данных по критерию Фишера, соответствует 4 – 6% уровню достоверности, а в наихудших случаях не превышает 10,2%. Что позволяет утверждать о близком соответствии разработанной методики реальному автогрейдеру.

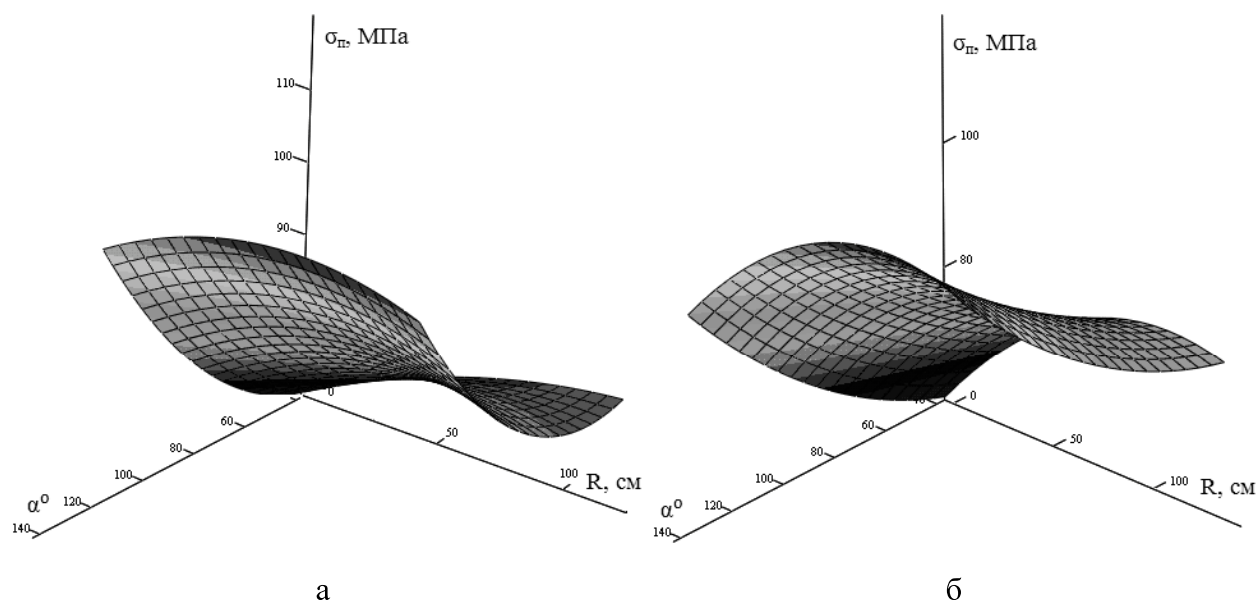


Рис. 4. Зависимость максимальных напряжений действующих в металлоконструкции автогрейдера от выноса основного отвала и угла установки отвала в плане: а – расчетные данные; б – экспериментальные данные.

Выводы.

1. Применение предложенного алгоритма позволяет сформировать геометрическую модель системы подвески основного отвала для расчетных исследований динамического напряженно–деформированного состояния основной рамы автогрейдера.

2. Увеличение угла установки отвала в плане от 40° до 90° приводит к росту максимальных напряжений действующих в металлоконструкции основной рамы автогрейдера в 3,8 раза.

3. Смещение отвала в сторону от центрального положения до 1,4 м. приводит к росту максимальных напряжений на 45%.

ЛИТЕРАТУРА

1. Зайцев Б.Ф., Шевченко В.А., Резников А.А. Методика численного анализа динамического нагружения основной рамы автогрейдера // Сборник материалов Международной научно-технической конференции „ИНТЕРСТРОЙМЕХ 2010”. – Белгород, 2010. - С. 161-167.
2. Палеев В.А., Тимков С.Ю., Палеев А.В. Кинематические характеристики устройств подвеса и выноса отвала автогрейдера // Строительные и дорожные машины. 2009. №5. С. 47 – 51.
3. А.с. 785427 СССР. Подвеска тяговой рамы автогрейдера / В.С. Танин – Шахов, Я.Н. Куликовский, Р.С. Петров, Н.К. Фаст, А.С. Шейнин. Опубл. 07.12.80. Бюл. № 45.
4. Палеев В.А., Гидромеханические системы стабилизации положения рабочего органа дорожных и строительных машин // Строительные и дорожные машины. 2002. №10. С. 42 – 24.
5. Палеев В.А., Исламов В.А. Результаты сравнительных испытаний автогрейдера, оснащенного системами стабилизации положения отвала // Строительные и дорожные машины. 2004. №3. С. 34 – 36.

УДК 621.869.98

Є. С. ВЕНЦЕЛЬ, докт. техн. наук, О. В. ОРЕЛ, аспірант

Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет

ВЗАЄМОЗВ'ЯЗОК МІЖ КОЕФІЦІЄНТОМ ПРОТИЗНОШУВАЛЬНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ РОБОЧИХ РІДИН ТА ШВИДКІСТЮ ЗНОШУВАННЯ ЕЛЕМЕНТІВ ГІДРОПРИВОДУ

Вступ. Незважаючи на відсутність аналітичного зв'язку між характеристиками процесу зношування, між ними існує певна кореляція, про яку йшлося, наприклад в [1]. Така кореляція обумовлена тим, що усе розмаїття окремих аспектів тертя є проявом єдиного дисипативного процесу, що впливає як на структуру поверхней тертя [2], так і на наслідки їхньої взаємодії. Останнє в значній мірі залежить від властивостей робочих рідин, які використовуються в гідроприводах. Особливу роль при цьому грає гранулометричний склад частинок забруднень в робочих рідинах. Відомо, що частинки, які мають розмір 5 мкм та