Affiliations

Kuryato Nikolay – Junior Researcher of Federal State Budgetary Scientific Institution “All-Russian Research Institute for Use of Machinery and Petroleum Products in Agriculture”, Russia, Tambov, e-mail: csk-sparta@yandex.ru.

Dorokhov Andrey – Senior Researcher of Federal State Budgetary Scientific Institution “All Russian Research Institute for Use of Machinery and Petroleum Products in Agriculture”, Russia, Tambov, email: dorokhov.andryusha@mail.ru.

Knyazeva Larisa – Full Doctor of Chemical Sciences, Associate Professor, Chief Researcher of Federal State Budgetary Scientific Institution “All-Russian Research Institute for Use of Machinery and Petroleum Products in Agriculture”, Russia, Tambov, e-mail: Knyazeva27@mail.ru.

Поступила в редакцию (Received): 27.12.2021 Принята к публикации (Accepted): 20.12.2021

УДК 621.9.047

DOI: 10.35887/2305-2538-2021-6-112-120

КИНЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПОЛУЧЕНИЯ ДИСПЕРСНО-УПРОЧНЕННЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ МАТРИЦЕ

¹Жачкин Сергей Юрьевич

²Пеньков Никита Алексеевич

¹Краснова Марина Николаевна

³Стрункин Павел Владимирович

¹Воронежский государственный университет

²ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»

³Воронежский политехнический техникум

Реферат. Разработана кинематическая модель получения гальванического дисперсно-упрочненного композиционного покрытия. Она базируется на двух положениях: 1- упрочнение покрытия происходит в результате взаимодействия двух соседних зерен инструмента; 2- инструментальные зерна расположены на концентрических окружностях. Сделаны три допущения, характерные для любой кинематической модели: все кинематические соотношения рассматриваются в одной плоскости (торцевом сечении инструмента); абразивные зерна представляются в виде точек; исходная поверхность детали гладкая, шероховатость поверхности не учитывается. Представлен механизм определения характера размещения дисперсной фазы в формируемом осадке. Используя аппарат кинематики движения твердого тела, определены зависимости для скоростей деформации формируемого композиционного гальванического покрытия, характеризующие в значительной степени его поведение в пластической области. Установлено, что скорость деформации есть функция геометрических параметров внедряемого наполнителя, одним из показателей которого служит угол между касательной к контактной поверхности зерна и нормалью к инструменту. Определены углы входа наполнителя в покрытие, во многом задающие характер формируемой структуры гальванического осадка. Определены скорости деформации осаждаемого покрытия в различных направлениях, что служит значительным заданием в вопросе определения дальнейших пластических деформаций при упрочнении растущих слоев осадка.

Ключевые слова: контактная задача, гальванические покрытия, композиционные материалы, кинематика движения твердого тела.

KINEMATIC MODEL OF OBTAINING DISPERSE-HARDENED COMPOSITE MATERIALS ON METAL MATRIX

¹Zhachkin Sergey

²Pen'kov Nikita

¹Krasnova Marina³Strunkin Pavel¹Voronezh State Technical University²VUNC VVS "VVA named after professor N.Ye.Zhukovsky and Yu.A. Gagarin"³Voronezh Polytechnic College

Abstract. A kinematic model has been developed for obtaining a galvanic dispersion-hardened composite coating. It is based on two positions: 1 - the hardening of the coating occurs as a result of the interaction of two adjacent grains of the tool; 2- instrumental grains are located on concentric circles. Three assumptions typical for any kinematic model are made: all kinematic relations are considered in one plane (end section of the tool); abrasive grains are represented as dots; the original surface of the part is smooth, the surface roughness is not taken into account. A mechanism for determining the nature of the distribution of the dispersed phase in the formed sediment is presented. The dependences for the strain rates of the formed composite galvanic coating, characterizing to a large extent its behavior in the plastic region, were determined using the apparatus of the kinematics of the motion of a rigid body. It was found that the deformation rate is a function of the geometric parameters of the introduced filler, one of the indicators of which is the angle between the tangent to the contact surface of the grain and the normal to the tool. The angles of filler entry into the coating have been determined, which largely determine the nature of the formed structure of the galvanic deposit. The rates of deformation of the deposited coating in various directions have been determined, which serves as a significant groundwork in determining further plastic deformations during the strengthening of the growing layers of the deposit.

Key words: contact problem, galvanic coatings, composite materials, kinematics of motion of a rigid body.

Введение. При ремонте и восстановлении сельскохозяйственной техники большое внимание уделяется силовой гидравлической аппаратуре. Это связано с рядом особенностей. Во-первых, указанные узлы работают в крайне жестких условиях. При производстве уборочных работ частицы грунта и пыли адсорбируются на штоках гидроцилиндров, выступая в роли абразива, что способно привести к потере герметичности узла шток/втулка либо по причине досрочного выхода из строя манжет, либо по причине появления течи по поверхностному слою штока. Во-вторых, вне зависимости от причины потери герметичности гидроцилиндром, указанный дефект не может быть устранен заменой манжет и сальников, поскольку это не устраняет одной из сопутствующих причин течи рабочих сред – разветвленной сетки пор и трещин в поверхностном слое детали. Для устранения такого вида дефекта возможно использование метода нанесения дисперсно-упрочненных композиционных гальванических покрытий на основе хрома, который позволяет получать в формируемом осадке внутренние напряжения сжатия, препятствующие образованию пор и трещин в покрытии.

Для предсказания характера получаемой композиционной структуры необходимо учитывать механизм ее формирования. Механизм формирования гальванического дисперсно-упрочненного композиционного покрытия базируется на положениях кинематики твердого тела.

Предлагается кинематическая модель, которая базируется на двух положениях: 1) упрочнение покрытия происходит в результате взаимодействия двух соседних зерен инструмента; 2) инструментальные зерна разделены промежутками по окружности и по высоте, т. е. расположены на концентрических окружностях.

Первое положение означает, что кинематические соотношения должны получаться из анализа взаимного расположения траекторий двух зерен. Второе положение вытекает из дискретности поверхности инструмента, имеющего в поперечном сечении форму круга. Характеристиками дискретности выбраны расстояния между инструментальными зернами по двум координатам: по окружности и по нормали к ней. Первая названа расстоянием между зернами δ , вторая — разнотелотностью двух режущих зерен H . Оба эти параметра представляют собой случайные величины.

Однако в уравнениях движения δ и H следует рассматривать как их средние значения — математические ожидания.

Разработка кинематической модели предполагает использование трех традиционных допущений [1–3, 5].

Первое допущение предполагает, что все кинематические соотношения строятся в одной плоскости. По этому допущению движение торцевой плоскости инструмента (оборудования, для нанесения дисперсно-упрочненных композиционных гальванических покрытий) и детали, на поверхность которой наносится покрытие, совпадают, следовательно, вектора скоростей инструмента и детали лежат в одной плоскости, и мы получаем плоскую кинематическую модель нанесения покрытий. Это значительно упрощает задачу, так как позволяет не учитывать третью координату.

Второе допущение предполагает представление абразивных зерен в виде точек. Так как, согласно первому допущению, нет необходимости учитывать поперечный размер зерна, его можно представить в виде любой плоской фигуры. К тому же, объектом исследования являются критерии, характеризующие работу зерен наполнителя, а не их геометрические параметры.

Третье допущение касается формы исходной поверхности детали. Очевидно, что в рамках первого допущения ее профиль можно представить в виде горизонтальной прямой линии или окружности. (при нанесении покрытий на плоские или цилиндрические поверхности соответственно). Следовательно, можно пренебречь исходной шероховатостью элементарного слоя покрытия между двумя последовательными проходами инструмента, по сравнению с глубиной внедрения частиц второй фазы. По третьему допущению предполагается, что глубина упрочнённого слоя значительно превосходит исходную шероховатость поверхности детали под покрытием. Это важно, так как не требует вывода или знания уравнения, описывающего поверхность покрываемой детали [5, 6].

Результаты и обсуждения. Следует отметить, что разнообразие форм поверхностей, подвергаемых нанесению покрытий, можно учесть путем введения эквивалентного радиуса [7]

$$R_s = \frac{R}{1 \pm \frac{r}{R}}, \quad (1)$$

где r и R — радиусы детали и инструмента соответственно.

Знаки «+» и «-» соответствуют осаждению покрытий на наружные и внутренние поверхности. В случае постановки задачи на плоскости полагают: $r \rightarrow \infty$ и $R_s = R$. В дальнейшем изложении индекс опускается и под R понимается R_s .

Из общих положений теоретической механики известны уравнения движения материальной точки, расположенной на расстоянии R от мгновенного центра скоростей [8].

Представим их в параметрическом виде как уравнения координат точки, движущейся по циклоидальной кривой.

Пусть точки A и B — вершины двух соседних зерен наполнителя, отстоящие друг от друга на расстоянии δ по окружности и H по радиусу (рисунок 1).

Тогда уравнения траектории, которую описывает точка А, имеют вид:

$$\begin{cases} z_A = r_0 \phi_A + R \sin \phi_A; \\ y_A = r_0 + R \cos \phi_A. \end{cases}, \quad (2)$$

φ_A – переменный угол контакта с диапазоном $0 \leq \varphi_A \leq \varphi_{\max}$;

$$\varphi_{\max} = \sqrt{\frac{2t}{R}}.$$

$$\begin{cases} z_B = r_0(\phi_B - \mathcal{G}) + (R \pm H) \sin \phi_B, \\ y_B = r_0 + (R \pm H) \cos \phi_B. \end{cases} \quad (3)$$

Геометрические условия контакта, определяемые глубиной деформации осажженного слоя, ограничивают рабочую часть траектории поверхностью детали. Взаимное расположение зерен определяется их расстоянием от центра инструмента. В зависимости от его величины можно выделить две принципиальные схемы расположения зерен: последующее зерно расположено на расстоянии $R-H$ (последующее зерно утоплено относительно предыдущего) или $R+H$ (последующее зерно выступает относительно предыдущего).

Будем рассматривать ту область изменения φ , которая определяется условием: наиболее выступающее зерно на инструменте не может углубиться более чем на величину деформирования элементарного слоя покрытия. Отсюда следует, что диапазон изменения угла поворота инструмента, который отсчитывается от оси Oy в направлении вращения инструмента, для более выступающей частицы наполнителя есть:

$$-\sqrt{\frac{2t}{R}} \leq \varphi \leq \sqrt{\frac{2t}{R}}$$

а для менее выступающего:

$$-\sqrt{\frac{2t}{R}\left(1-\frac{H}{t}\right)} \leq \varphi \leq \sqrt{\frac{2t}{R}\left(1-\frac{H}{t}\right)}$$

Системы уравнений (2) и (3), описывающие трохоиды, независимы друг от друга. Однако процесс деформирования растущего слоя покрытия определяется не отдельно каждой из этих трохоид, но и их взаимодействием. Характеристикой их взаимного расположения являются координаты некоторой точки C пересечения трохоид в рабочей части траекторий. Каждый член уравнений движения (2) и (3) имеет вполне определенный кинематический и геометрический смысл. Для наглядного представления их физического смысла перепишем полученные уравнения в безразмерном виде. Учитывая, что $\vartheta = \delta/R$ мало, получим:

$$\frac{z_A}{R} = \frac{v_d \varphi_A}{v_k} + \varphi_A; \quad (4)$$

$$\frac{y_A}{R} = \frac{v_d}{v_k} + 1 \quad (5)$$

$$\frac{z_B}{R} = \frac{v_d \varphi_B}{v_k} + \varphi_B + \frac{v_d}{v_k} \frac{\delta}{R} \pm \frac{H}{R} \varphi_B \quad (6)$$

$$\frac{y_B}{v_k} = \frac{v_d}{v_k} + 1 \pm \frac{H}{R} \quad (7)$$

В выражениях (4) и (6) произведение $v_d \varphi = v_{\varphi p}$ представляет собой проекцию скорости детали на нормаль к инструменту. Определим ее как скорость внедрения частиц наполнителя в покрытие. Первый член представляет собой отношение скоростей внедрения наполнителя и инструмента, характеризуя угол Δ между ними. Второй член φ – переменный угол контакта. Подобные два члена являются общими для уравнений обеих точек. Но в уравнении траектории точки B появляется два дополнительных члена, учитывающие различное положение этих точек в пространстве. Первый из них характеризует влияние углового расстояния между точками и представляет собой разность углов контакта $\varphi_A - \varphi_B$. Обозначим сомножитель $(v_d/v_k)\delta = p$ и назовем его подачей на частицу наполнителя. Четвертый член определяет изменение угла контакта вследствие разновысотности зерен на величину подачи на зерно.

В выражениях (5) и (7) первый член v_d/v_k характеризует угол между скоростями инструмента и детали, влияние разновысотности учитывается третьим членом H/R . При $H=0$ уравнения совпадают.

Основой для анализа скорости деформации являются уравнения траектории [11, 12]. Скорость деформации представляет собой скорость абсолютного движения. Она вычисляется как первая производная по времени от функций (2) и (3).

Из теоретической механики известно, что при сложении двух движений вектор скорости абсолютного движения $\overline{v_p}$ представляет собой сумму вектора скорости мгновенного центра скоростей

$\overline{v_D}$ и скорости движения точки относительно этого центра $\overline{v_K} = \omega \cdot R$. Ясно, что скорость деформации $\overline{v_p} = \overline{v_K} + \overline{v_D}$ направлена по касательной к траектории движения [4] и ее величина для рабочей части траектории, где φ мало определяется как:

$$v_p = v_K \sqrt{(1+q)^2 \pm q\varphi^2}$$

$$q = \frac{v_D}{V_K}$$

Анализ скоростей деформации заключается в разложении вектора скорости деформации по касательной и нормальной составляющим к инструменту, зерну и по траектории. Это дает возможность определить наиболее сложные для процесса компоненты скорости деформации и соотношения между ними (рисунок 2).

Проекция скорости деформации на нормаль к инструменту $v_{pnk} = v_D = v_{ep}$ будет представлять собой скорость внедрения частиц второй фазы (наполнителя) в покрытие, а проекция скорости деформирования на касательную к инструменту v_{ptk} при $v_D \ll v_K$ почти не отличается от скорости круга $v_{ptk} \approx v_K \pm v_D \approx v_K$.

Рисунок 2 - Разложение скорости деформации:
а – к инструменту и траектории движения частицы наполнителя;
б – к инструменту и частице наполнителя

Соответствующие проекции скорости деформирования на касательную и нормаль к инструменту и зерну примут вид:

$$\begin{aligned}
 v_{p\tau\kappa} &= -(v_K + v_D); & v_{p\tau\kappa} &= -v_D \phi, \\
 v_{p\tau z} &= (v_K + v_D) \sin \gamma - v_D \cos \gamma, \\
 v_{p\tau z} &= (v_K + v_D) \cos \gamma - v_D \sin \gamma.
 \end{aligned} \tag{8}$$

Наибольший интерес с практической точки зрения представляет угол между касательными к инструменту и траектории движения зерна, который можно назвать углом входа наполнителя в покрытие α_D . Следует также отметить, что угол γ есть угол между касательной к контактной поверхности зерна и нормалью к инструменту, как показано на рис. 2. Исходя из этого рисунка следует, что угол между вектором скорости деформации и вектором скорости инструмента есть угол входа наполнителя в покрытие α_D , причем

$$\operatorname{tg} \alpha_D = \frac{v_D \varphi}{v_K + v_D} = \frac{v_{\sigma p}}{v_K + v_D} \tag{9}$$

Можно заметить, что в векторном треугольнике, катетами которого являются скорость инструмента и скорость деформации, угол Δ определяется как $\operatorname{tg} \Delta = v_{\sigma p}/v_K$, углы α_D и Δ связаны соотношением:

$$\Delta = \left(1 + \frac{v_D}{v_K} \right) \alpha_D,$$

так как $v_D \ll v_K$, то $\Delta \approx \alpha_D$.

Проекция скорости резания на выбранные касательные и нормальные направления имеют конкретный физический смысл, так как механизм, описывающий напряженно-деформированное состояние осаждаемых слоев покрытия, определяется их совокупностью. Скорость движения по нормали к инструменту материала второй фазы $v_{\sigma p}$ (скорость его внедрения в осаждаемое покрытие) определяет скорость деформации слоя осажженного материала по глубине. Проекция скорости движения на касательную к инструменту определяет скорость деформации слоя осажженного материала по направлению движения инструмента. Соотношение между этими проекциями определяется углом между ними Δ .

Практическая реализация возможности получения заданной скорости деформации покрытия определяется индивидуальными особенностями отдельных зерен наполнителя. Характеристикой этих особенностей служит угол между касательной к контактной поверхности зерна и нормалью к инструменту γ . Отсюда вытекает физический смысл проекций скорости деформации на касательную и нормаль к зерну наполнителя, которые представляют собой скорости внедрения зерна в покрытие и распространение деформации вдоль наносимого покрытия. Следует отметить, что величина угла γ зависит от формы, размера зерна и глубины его внедрения в покрытие a_z .

Из геометрических построений легко получить искомые зависимости:

$$\sin \gamma = 1 - m; \quad \cos \gamma = \sqrt{2m - m^2}, \tag{10}$$

где $m = a_z/(0,5d)$, d – средний размер зерна наполнителя.

Выводы. Используя аппарат кинематики движения твердого тела, определены зависимости для скоростей деформации формируемого композиционного гальванического покрытия, характеризующие в значительной степени его поведение в пластической области. Установлено, что скорость деформации есть функция геометрических параметров внедряемого наполнителя, одним из показателей которого служит угол между касательной к контактной поверхности зерна и нормалью к инструменту. Определены углы входа наполнителя в покрытие, во многом задающие характер формируемой структуры гальванического осадка.

Список литературы

1. Гантмахер Ф.Р. Лекции по аналитической механике / Ф.Р. Гантмахер – М., 1966. – 300 с.
2. Евсеев Д.Г. Формирование свойств поверхностных слоев при абразивной обработке / Д.Г.

Евсеев – Саратов, 1975. – 216 с.

3. Сегал В.М. Технологические задачи теории пластичности / В.М. Сегал – Минск, 1977. – 256 с.

4. Дзугутов М.Я. Напряжения и деформации при обработке металлов давлением / М.Я. Дзугутов – М.: Металлургия, 1974. – 280 с.

5. Малинин Н.Н. Прикладная теория пластичности и ползучести / Н.Н. Малинин – М., 1975. – 400 с.

6. Бурова И. Г. Аппроксимация вещественными и комплексными минимальными сплайнами. Учебное пособие / И.Г. Бурова. – М.: Издательство СПбГУ, 2018. – 144 с.

7. Голованов Н.Н. Геометрическое моделирование / Н.Н. Голованов. – М.: СПб: БХВ, 2002. – 522 с.

8. Тарг С.М. Краткий курс теоретической механики: Учеб. для вузов / С.М. Тарг – М.: Высш. шк., 2008. – 415 с.

9. Жачкин, С.Ю. Аналитическая оценка свойств дисперсно-упрочненных гальванических композитных многослойных покрытий / С.Ю. Жачкин, Н.А. Пеньков, А.И. Краснов, К.А. Манаенков // Мичуринск: Вестник МичГАУ, 2015. – № 1. – С. 142–150.

10. Zhachkin, S.Yu. Wear-resistance of composite galvanic chrome coatings / S.Yu. Zhachkin, N.A. Penkov, M.N. Krasnova // Engineering Studies. – 2017. – Vol. 9, is. 3(2). – P. 529–536.

11. Жачкин С.Ю. Холодное гальваноконтанное восстановление деталей // Воронеж: ВГТУ, 2002. – 138 с.

Ли, Р.И. Условия формирования равномерного полимерного покрытия на наружной поверхности вращающейся цилиндрической детали / Р.И. Ли // Клеи. Герметики. Технологии. – 2015. – №4. – С. 33–38.

References

1. Gantmaher F.R. Lekcii po analiticheskoi mekhanike / F.R. Gantmaher – M., 1966. – 300 s.
2. Evseev D.G. Formirovanie svoystv poverhnostnykh sloev pri abrazivnoi obrabotke / D.G. Evseev – Saratov, 1975. – 216 s.

3. Segal V.M. Tekhnologicheskie zadachi teorii plastichnosti / V.M. Segal – Minsk, 1977. – 256 s.
4. Dzugu-tov M.YA. Napryazheniya i deformatsii pri obrabotke metallov davleniem / M.YA. Dzu-gu-tov – M.: Metallurgiya, 1974. – 280 s.

5. Malinin N.N. Prikladnaya teoriya plastichnosti i polzuchesti / N.N. Malinin – M., 1975. – 400 s.
6. Burova I. G. Approksimatsiya veshchestvennymi i kompleksnymi minimal'nymi splajnam. Uchebnoe posobie / I.G. Burova. – M.: Izdatel'stvo SPbGU, 2018. – 144 s.

7. Golovanov N.N. Geometricheskoe modelirovanie / N.N. Golovanov. – M.: SPb: BHV, 2002. – 522 s.

8. Targ S.M. Kratkij kurs teoreticheskoi mekhaniki: Ucheb. dlya vtuzov / S.M. Targ – M.: Vyssh. shk., 2008. – 415 s.

9. Zhachkin, S.YU. Analiticheskaya ocenka svoystv dispersno-uprochnennykh gal'vanicheskikh kom-po-zitnykh mnogoslujnykh pokrytij / S.YU. Zhachkin, N.A. Pen'kov, A.I. Krasnov, K.A. Manaenkov // Michurinsk: Vestnik MichGAU, 2015. – № 1. – S. 142–150.

10. Zhachkin, S.Yu. Wear-resistance of composite galvanic chrome coatings / S.Yu. Zhachkin, N.A. Penkov, M.N. Krasnova // Engineering Studies. – 2017. – Vol. 9, is. 3(2). – P. 529–536.

11. Zhachkin S.YU. Holodnoe gal'vanokontaktnoe vosstanovlenie detalej // Voronezh: VGTU, 2002. – 138 s.

12. Li, R.I. Usloviya formirovaniya ravnomernogo polimernogo pokrytiya na naruzhnoj poverhno-sti vrashchayushchejsya cilindricheskoi detali / R.I. Li // Klei. Germetiki. Tekhnologii. – 2015. – №4. – S. 33–38.

Сведения об авторах

Принадлежность к организации

Жачкин Сергей Юрьевич – доктор технических наук, профессор, Воронежский государственный технический университет, Россия, г. Воронеж, e-mail: zhach@list.ru.

Пеньков Никита Алексеевич – кандидат технических наук, начальник лаборатории, ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина», Россия, г. Воронеж, e-mail: myth_np_nikit@mail.ru.

Краснова Марина Николаевна – кандидат технических наук, доцент, Воронежский государственный технический университет, Россия, г. Воронеж, e-mail: serg24012@mail.ru.

Струнkin Павел Владимирович – преподаватель, Воронежский политехнический техникум, Россия, г. Воронеж, e-mail: snikishin24@bk.ru.

Author credentials

Affiliations

Zhachkin Sergey - Doctor of Technical Sciences, Professor, Voronezh State Technical University, Russia, Voronezh, e-mail: zhach@list.ru.

Pen'kov Nikita - Candidate of Technical Sciences, Head of the Laboratory, VUNC VVS "VVA named after Professor N.Ye. Zhukovsky and Yu.A. Gagarin", Russia, Voronezh, e-mail: myth_np_nikit@mail.ru.

Krasnova Marina - Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Voronezh State Technical University, Russia, Voronezh, e-mail: serg24012@mail.ru.

Strunkin Pavel - teacher, Voronezh Polytechnic College, Russia, Voronezh, e-mail: snikishin24@bk.ru.

Поступила в редакцию (Received): 20.12.2021

Принята к публикации (Accepted): 22.12.2021

УДК 631.331.85

DOI: 10.35887/2305-2538-2021-6-120-130

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК (ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАЗНАЧЕНИЯ) СЕЯЛОК ТОЧНОГО ВЫСЕВА

¹Завражнов Андрей Анатольевич

¹Завражнов Анатолий Иванович

¹Ланцев Владимир Юрьевич

¹Мишин Борис Сергеевич

²Шепелев Валерий Юрьевич

²Якушев Алексей Викторович

¹ФГБНУ ВО Мичуринский государственный аграрный университет

²ПАО «Миллеровосельмаш»

Реферат. В настоящей статье представлен сравнительный анализ функциональных характеристик сеялок точного высева (СТВ) различных марок и фирм-изготовителей на основе статистического исследования первичной информации, полученной из протоколов испытаний МИС. На основании проведенных сравнительных исследований (38 опытов) высевающих аппаратов (ВА) СТВ передовых фирм-производителей определено, что практически все СТВ обеспечивают заявленное отклонение от нормы высева в пределах 4 ... 12 % на рабочих скоростях 7 ... 12 км/час. При этом неравномерность высева в диапазоне рабочих скоростей 7 ... 14 км/час не более 20% поддерживается в основном СТВ зарубежного производства, а именно: Vaderstad Tempo TPF-8; Caspardo SP Dorada 8F-70; SPP-8FS; Challenger CH 8108; KUHN Maxima 2TRS. Данные СТВ обеспечивают скорость высева (частоту) высева более 15 шт/с по сравнению с другими СТВ, обеспечивающие скорость высева не более 10 шт/с. Из СТВ отечественного производства наилучшие показатели по неравномерности высева имеют СТВ ТС-М 4150А/8000А (г. Воронеж) – 11,8%, а наихудшие – СТВ МС-8/12 (г. Миллерово) – 75,3%. По комплексному критерию «Скорость + точность» лидирует СТВ Vaderstad Tempo TPF-8. Так, при скорости 13,9 км/час отклонение от заданной нормы и неравномерность высева составляют соответственно 0,75% и 10,8%. Отличительной особенностью СТВ Vaderstad Tempo TPF-8 является использование ВА с системой дозирования семян избыточным давлением (ВА напорно-дискового типа). Анализ конструктивных особенностей сошниковой группы СТВ определил, что для работы на повышенных рабочих скоростях в основном используются сошники дискового типа. Анализ конструктивных особенностей привода ВА определил, что СТВ с высокими функциональными характеристиками используют электропривод. Вышеизложенное