

# УМЕНЬШЕНИЕ КОЛЕЕОБРАЗОВАНИЯ ШИРОКОЗАХВАТНЫХ ДОЖДЕВАЛЬНЫХ МАШИН

Д.Т.Н. Журавлева Л.А., Тхуан Н.В.

Московский политехнический университет, Москва, Россия  
nguyenthuan230593@gmail.com

В процессе полива при движении дождевальных машин по полю колесами ходовых опор создается колея. С увеличением числа проходов растет и глубина колеи. В конце поливного сезона она может достигать 0,3–0,45 м, приводить к буксованию колес и избыточному поливу. Интенсивность процесса колееобразования и снижения сцепных свойств ходовых систем дождевальных машин еще в большей степени увеличивается при наличии свободной, не впитавшейся воды, вызывающей образование стока по колее. Наибольшая глубина колеи к концу сезона у последних тележек возникает за счет увеличения интенсивности полива и диаметра капель дождевателей, расположенных в конце трубопровода. Выбор ходовых систем должен производиться с учетом характеристик орошаемых поверхностей, рациональных соотношений длин пролетов, диаметров трубопроводов. Целью исследования является повышение проходимости и уменьшение колееобразования широкозахватных дождевальных машин. В статье представлены теоретические зависимости для определения глубины и ширины колеи для двухколесных и трехколесных ходовых тележек широкозахватных дождевальных машин. Полевые исследования проводились на дождевальных машинах «Кубань-ЛК1М» (Каскад) и «КАСКАД». В статье представлена зависимость глубины колеи от номера опорной тележки при несущей способности почвы 110–125 кПа. Проведенные исследования позволили определить ориентировочные зоны применения колесных систем в зависимости от несущей способности почвы. Анализ данных показывает, что на почвах повышенной прочности дождевальные машины целесообразно оборудовать узкими пневмоколесами. На почвах с низкой несущей способностью и значительными поливными нормами от 600 м<sup>3</sup>/га – широкопрофильными пневматическими шинами 18-24; 23-26, 21.3-24 для ДМ «Кубань-ЛК1», «Кубань-ЛК1М» (КАСКАД), «КАСКАД» с шириной профиля 0,30-0,54 м, в том числе установкой более широкопрофильных шин в концевой части машин. Кроме того, в условиях пониженной прочности почв возможно применение на дождевальных машинах шин с меньшими значениями ширины профиля, нежели рекомендуемые, но для уменьшенных величин длин пролетов или уменьшенного диаметра водопроводящего трубопровода.

**Ключевые слова:** орошение, норма полива, давление, колея, ходовые системы, почва.

**Для цитирования:** Журавлева Л.А., Тхуан Н.В. Уменьшение колееобразования широкозахватных дождевальных машин // Известия МГТУ «МАМИ». 2020. № 4 (46). С. 38–45. DOI: 10.31992/2074-0530-2020-46-4-38-45.

## Введение

Движение широкозахватных дождевальных машин (ДМ) в процессе полива осуществляется посредством взаимодействия движителей их опорных тележек с почвой, которая одновременно является несущим основанием и объектом увлажнения. Взаимодействие движителей машин сопровождается возникновением сил трения, нормальных и касательных напряжений, вызывающих уплотнение почвы, ее разрушение, образование колеи.

Основными показателями физических свойств почвы, определяющими ее несущие свойства, а в конечном счете – опорные и тяго-

во-сцепные свойства машин, являются механический состав, удельный и объемный вес, водопроницаемость и влажность.

Из всех перечисленных показателей наиболее сильное влияние имеет влажность. При увеличении влажности от 20 до 30 % сопротивление сжатию и сдвигу уменьшается в 3–4 раза. Ухудшение прочностных свойств почвы при увеличении влажности вызывает возрастание буксования колес и приводит к возрастанию потерь на перекачивание. Это наблюдается при поливе большими поливными нормами, когда почва на глубине 0,2–0,3 м увлажняется до предела текучести. При таком

взаимодействии колеса с почвой происходит не уплотнение, а пластическое течение ее под колесом и выпирание в стороны.

Как показывает зарубежный и отечественный опыт эксплуатации многоопорных широкозахватных дождевальных машин, для повышения опорно-тяговых и сцепных свойств применяется оснащение их пневматическими шинами низкого давления, сдвоенными колесами, трехколесными ходовыми системами, уширенными жесткими колесами, гусеничными и шагающими движителями.

Тем не менее, 90 % широкозахватных машин [1] оборудуются колесными системами, что объясняется простотой конструкции, легкостью в обслуживании и ремонте, низкой стоимостью.

В целях повышения проходимости широкозахватных дождевальных машин зарубежные фирмы для своих ранних разработок применяли жесткие колеса с уширенным ободом [2].

Пневматики обладают высокой износостойкостью, высокими тяговыми характеристиками, сопротивлением ударам и проколам, устойчивостью против откатывания назад и проскальзывания [3].

Анализ развития ходовых систем многоопорных ДМ показал, что для повышения проходимости многоопорных широкозахватных ДМ целесообразно оборудовать колесными системами с низким уплотняющим воздействием и необходимы соответствующие теоретико-экспериментальные исследования по обоснованию их параметров.

Как показывает опыт эксплуатации, для широкозахватных дождевальных машин кругового действия глубина колеи имеет несколько большее значение в начале и в конце машины,

соответственно, из-за увеличенного слоя осадков (расхода) и повышенной интенсивности дождя (образование стоков) [4–7].

Целью исследования является повышение проходимости и уменьшение колееобразования широкозахватных дождевальных машин.

### Теоретические исследования

Рассмотрим механизм внутренних процессов, происходящих в деформируемой почве при качении колеса.

При качении колес ДМ имеет два основных вида деформации почвы:

- сжатие почвы опорной поверхностью;
- срез почвы зацепами колеса.

При сжатии почвы опорной поверхностью колеса можно выделить:

- сжатие вниз по вертикали, сопровождаемое уплотнением ее;
- сжатие, распространяемое в стороны от движущегося колеса, и часто возникающее выпирание почвы из-под колеса.

В своих исследованиях А.И. Рязанцев предлагает смоделировать данные процессы как взаимодействие с почвой конусно-крыльчатых наконечников пенетрирующих устройств. Сопротивление грунта сжатию может определяться зависимостью, кПа [4]:

$$\sigma_{\text{сж}} = u_{\text{T}} \gamma_{\text{ГР}} r_{\text{КП}} + N'_{\text{T}} c_{2\text{Г}}, \quad (1)$$

где  $u_{\text{T}}$  и  $N'_{\text{T}}$  – безразмерные коэффициенты несущей способности грунта, зависящие от угла внутреннего трения;  $\gamma_{\text{ГР}}$  – объемный вес грунта, кН/м<sup>3</sup>;  $r_{\text{КП}}$  – радиус основания наконечника, м;  $c_{2\text{Г}}$  – удельное сцепление грунта, кПа.

Поскольку собственным весом грунта в пределах глубины погружения наконечника



Рис. 1. Двухколесные и трехколесные опорные тележки дождевальных машин

Fig. 1. Two-wheel and three-wheel sprinkler support undercarriages

в поверхностном слое можно пренебречь, касательную составляющую напряжения (удельное сопротивление почвы вращательному срезу) с достаточной достоверностью можно отождествлять со сцеплением грунта:  $\tau_r = c_{2Г}$ .

Несущую способность почвы определяли согласно зависимости, кПа [4]:

$$P_{дп} = 0,318N'_K c_{2Г}, \quad (2)$$

где  $N'_K$  – коэффициент, зависящий от величины угла внутреннего трения грунта.

Несущую способность почв после полива можно описать выражением:

$$P_{пп} = P_{дп} - \Delta P, \quad (3)$$

где  $\Delta P$  – величина уменьшения несущей способности почвы.

На изменение прочностных показателей почвы при поливе существенное влияние оказывают ее инфильтрационные свойства и режим орошения, определяемый природно-климатическими условиями и конструктивными особенностями дождевальных машин.

Согласно исследованиям А.И. Рязанцева [5] несущая способность почвы после полива определяется, кПа:

$$P_{пп} = P_{дп} - (1,4T_{дост}^{0,65} + 8 \cdot 1,01^{T_{ст}}), \quad (4)$$

где  $P_{дп}$  – несущая способность почвы до полива, МПа;  $T_{ст}$  – величина стока, м<sup>3</sup>/га;  $T_{дост}$  – достокочная поливная норма, м<sup>3</sup>/га.

Известно, что несущая способность почвы увеличивается при увеличении значений досточковой нормы и еще в большей степени уменьшается при возрастании величины поверхностного стока.

Так, например, увеличение поливной нормы с 300 до 500 м<sup>3</sup>/га для среднесуглинистых черноземов вызывает уменьшение их несущих свойств с 160 до 140 кПа, а при наличии стока – (20–25 %) до 125 кПа [4].

Досточковая поливная норма, м<sup>3</sup>/га [8]:

$$T_{дост} = 2850 \left(1,14 - \sqrt[3]{d_k}\right) \frac{\rho_{ср}}{\rho_1} K, \quad (5)$$

где  $d_k$  – средний диаметр капель, мм;  $\rho_{ср}$  – интенсивность дождя, мм/мин;  $\rho_1$  – заданная интенсивность дождя, мм/мин;  $K$  – коэффициент, учитывающий водопроницаемость почв ( $K = 0,6 - 1,5$ ).

Ширину колеи для двухколесных тележек дождевальных машин можно определить из выражения:

$$B_K = \left\{ \left( R_{IM} + \frac{b_K}{2} \right)^2 + 0,6 \left( T_{оп} + \left( \frac{L_M - l_{кон}}{l_{пр}} \right) T_{Т2} + T_{IBT} L_M + T_K \right) \right. \\ \left. + \frac{n_T \left[ P_{дп} - (1,4T_{дост}^{0,65} + 8 \cdot 1,01^{T_{ст}}) \right] b_K \sqrt{D_K}}{n_T \left[ P_{дп} - (1,4T_{дост}^{0,65} + 8 \cdot 1,01^{T_{ст}}) \right] b_K \sqrt{D_K}} \right\}^{0,5} \\ \times \left( D_K - \frac{0,6 \left( T_{оп} + \left( \frac{L_M - l_{кон}}{l_{пр}} \right) T_{Т2} + T_{IBT} L_M + T_K \right)}{n_T \left[ P_{дп} - (1,4T_{дост}^{0,65} + 8 \cdot 1,01^{T_{ст}}) \right] b_K \sqrt{D_K}} \right) \\ - \left( R_{IM} - \frac{b_K}{2} \right), \quad (6)$$

где  $T_{оп}$  – масса основной опоры;  $T_{Т2}$  – масса опорных тележек с двумя колесами;  $T_{IBT}$  – масса участков водопроводящего трубопровода между опорными тележками с системой крепления (шпренгельной системой);  $T_K$  – массы консоли (при наличии);  $n_T$  – количество тележек;  $L_M$  – длина машины;  $l_{кон}$  – длина консоли;  $l_{пр}$  – расстояние между пролетами.

Для трехколесных тележек:

$$B_K = \left\{ \left( R_{IM} + \frac{b_K}{2} \right)^2 + 0,4 \left( T_{оп} + \left( \frac{L_M - l_{кон}}{l_{пр}} \right) T_{Т3} + T_{IBT} L_M + T_K \right) \right. \\ \left. + \frac{n_T \left[ P_{дп} - (1,4T_{дост}^{0,65} + 8 \cdot 1,01^{T_{ст}}) \right] b_K \sqrt{D_K}}{n_T \left[ P_{дп} - (1,4T_{дост}^{0,65} + 8 \cdot 1,01^{T_{ст}}) \right] b_K \sqrt{D_K}} \right\}^{0,5} \\ \times \left( D_K - \frac{0,4 \left( T_{оп} + 1,2 \left( \frac{L_M - l_{кон}}{l_{пр}} \right) T_{Т2} + T_{IBT} L_M + T_K \right)}{n_T \left[ P_{дп} - (1,4T_{дост}^{0,65} + 8 \cdot 1,01^{T_{ст}}) \right] b_K \sqrt{D_K}} \right) \\ - \left( R_{IM} - \frac{b_K}{2} \right), \quad (7)$$

где  $T_{Т3}$  – масса опорных тележек с тремя колесами.

Необходимо учитывать, что масса тележки с тремя колесами за счет большей длины и усиленной рамы составляет порядка  $T_{Т3} = (1,1 - 1,25)T_{Т2}$ , т.е. в среднем  $(1,1 - 1,25)T_{Т2}$ .

Глубина колеи для двухколесной тележки дождевальной машины может быть выражена следующей зависимостью [9]:

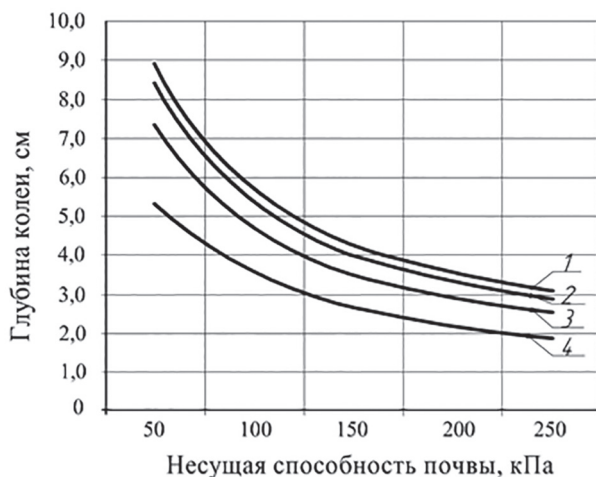
$$H^* = \frac{0,6 \left( T_{оп} + \left( \frac{L_M - l_{кон}}{l_{пр}} \right) T_{Т2} + T_{IBT} L_M + T_K \right)}{n_T P_{пп} b_K \sqrt{D_K}}. \quad (8)$$

Глубина колеи для трехколесной тележки дождевальной машины:

$$H^* = \frac{0,4 \left( T_{\text{ОП}} + 1,2 \left( \frac{L_M - l_{\text{КОН}}}{l_{\text{ПР}}} \right) T_{\text{Т2}} + T_{\text{1ВТ}} L_M + T_K \right)}{n_T P_{\text{ПП}} b_K \sqrt{D_K}} \quad (9)$$

Как можно заметить из полученных выражений, величины глубины и ширины колеи меняются незначительно и целесообразность применения трехколесных систем в большей степени сводится к повышению тягово-сцепных качеств, нежели уменьшению колесобразования.

Теоретические зависимости глубины колеи от несущей способности почвы при различной длине пролетов на примере ДМ «Кубань-ЛК1М» (КАСКАД) и ДМ «КАСКАД», построенные в соответствии с выражением (8), представлены на рис. 2.



**Рис. 2. Зависимость глубины колеи от несущей способности почвы для ДМ «Кубань-ЛК1» (КАСКАД) (шины 14,9-24) (труба 159 мм) для первой опоры:**

1 – пролет 65 м; 2 – пролет 59,5 м;  
3 – пролет 48,7 м; 4 – пролет 30 м

*Fig. 2. Dependence of the track depth on the bearing capacity of the soil for the "Kuban-LK1" (KASKAD) (tires 14,9-24) (pipe 159 mm) for the first support:*

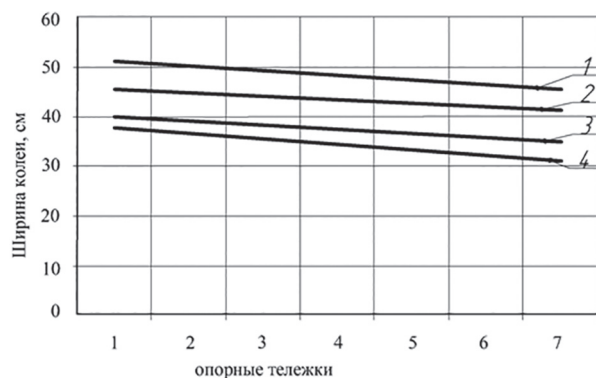
1 – rut 65 m; 2 – rut 59,5 m;  
3 – rut 48,7 m; 4 – rut 30 m

Рассматривая зависимость величины колеи от несущей способности почвы при различной длине пролетов на примере ДМ «КАСКАД», можно сделать вывод о возможности увеличения пролета до 65 м, при которых величина колеи не превышает нормативных значений

при несущей способности более 100 кПа и поливной норме порядка 300–350 м<sup>3</sup>/га.

Для почв с низкой несущей способностью и машин с длиной пролетов более 59 м рационально применение колес с шинами не менее 16,9-24, а при уменьшении несущей способности – шины 18,4-26 рис. 2.

Теоретические зависимости ширины колеи от порядкового номера опорной тележки на примере ДМ «КАСКАД», построенные в соответствии с выражением (6), представлены на рис. 3. Ширина колеи для всех модификаций машин и колес уменьшается с увеличением расстояния от центральной опоры.



**Рис. 3. Зависимость ширины колеи от порядкового номера опорной тележки (расстояние от основной опоры) для ДМ «КАСКАД» (несущая способность почвы 100 кПа):**  
1 – шины 18,4-24; 2 – шины 16-20;  
3 – шины 15,5-38; 4 – шины 14,9-24

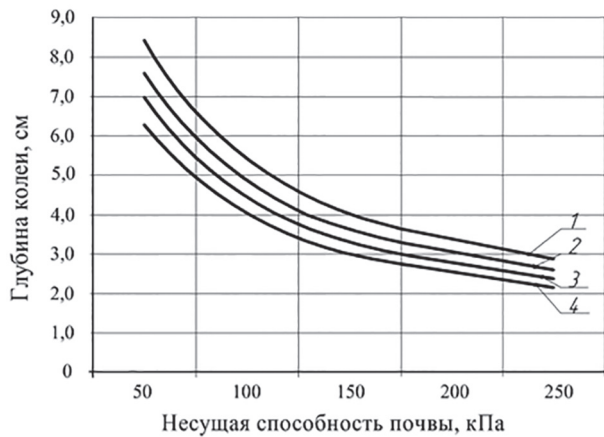
*Fig. 3. Dependence of the track width on the serial number of the support carriage (distance from the main support) for "KASKAD" sprinkler (soil bearing capacity 100 kPa):*  
1 – tires 18,4-24; 2 – tires 16-20;  
3 – tires 15,5-38; 4 – tires 14,9-24

Для уменьшения глубины колеи (рис. 4) возможно применение колес более широкого профиля или снижение массы за счет уменьшения диаметра трубопровода, что целесообразно при работе с меньшими расходами [10, 11].

### Методика исследований

Полевые исследования проводились на полях УНПО «Поволжье» ФГБОУ ВО Саратовский ГАУ (с. Степное Энгельского района Саратовской области), УНПК Агроцентра СГАУ; ООО «Наше дело» (Саратовская область, Марковский район). Дождевальные машины: «Кубань-ЛК1М» (Каскад) и ДМ «КАСКАД» (рис. 5).





**Рис. 4. Зависимость глубины колеи от несущей способности почвы для ДМ «КАСКАД» пролет 59,5 м (труба 159 мм) для первой опоры:**  
1 – шины 14,9-24; 2 – шины 16,9-24;  
3 – шины 18,4-24; 4 – шины 23,1-26

*Fig. 4. Dependence of the track depth on the bearing capacity of the soil for “KASKAD” sprinkler rut 59,5 m (pipe 159 mm) for the first support:*  
1 – tires 14,9-24; 2 – tires 16,9-24;  
3 – tires 18,4-24; 4 – tires 23,1-26



**Рис. 5. Дождевальная машина «КАСКАД» [12]**

*Fig. 5. “KASKAD” sprinkler [12]*

### Результаты исследований

Интенсивное уменьшение давления колес машин на почву при средних нагрузках (10–20 кН) присущих практически применяемым длинам и диаметрам труб пролетов дождевальных машин «Кубань-ЛК1», «Кубань-ЛК1М» (КАСКАД), ДМ «КАСКАД», происходит при увеличении опорной поверх-

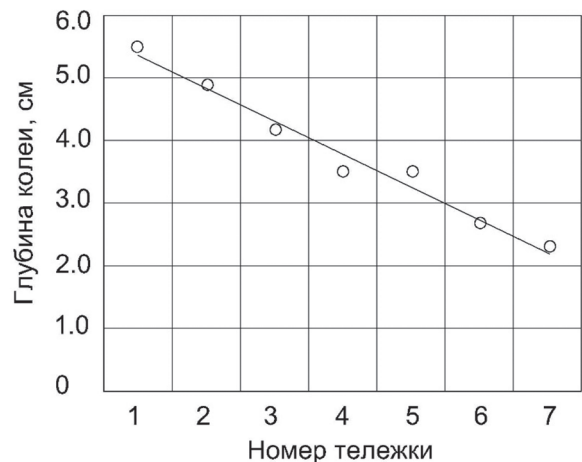
ности колес до 0,30–0,50 м<sup>2</sup>. Дальнейшее увеличение площади колесных движителей не имеет практического смысла, так как это влечет за собой значительное увеличение габаритов колес или их количества. С увеличением нагрузки растет и значение предела опорной поверхности. Нагрузочный режим на колесные системы тележек ДМ варьируется изменением длин пролетов и диаметров их водопроводящего трубопровода.

Результаты теоретических исследований по подбору пневматических колес для ДМ типа «Кубань-ЛК1», «Кубань-ЛК1М» (КАСКАД), ЭДМ «КАСКАД» были подтверждены экспериментально.

Результаты исследований глубины колеи от порядкового номера опорной тележки при несущей способности почвы 110–125 кПа после первого прохода для ДМ «Кубань-ЛК1М» длиной 497 показаны на (рис. 6).

В конце поливного сезона вид зависимости глубины колеи от порядкового номера тележки меняется с линейной на квадратичную. На последних тележках колея снова возрастает за счет увеличения расхода и крупности капель (рис. 7).

При увеличении пролета до 59,5 м и установке колес с шинами 16,9-24, колея снижается до 4 см на первой тележке за первый проход



**Рис. 6. Зависимость глубины колеи от номера опорной тележки при несущей способности почвы 110–125 кПа: ДМ «Кубань-ЛК1М» (48,7 м пролет, шины 14,9-24),  $H' = -0,525T_{от} + 5,9$ ;  $R^2 = 0,976$**

*Fig. 6. Dependence of the track depth on the number of the support undercarriage with a soil bearing capacity of 110–125 kPa: “Kuban-LK1M” sprinkler (rut 48,7 m, tires 14,9-24),  $H' = -0,525T_{от} + 5,9$ ;  $R^2 = 0,976$*

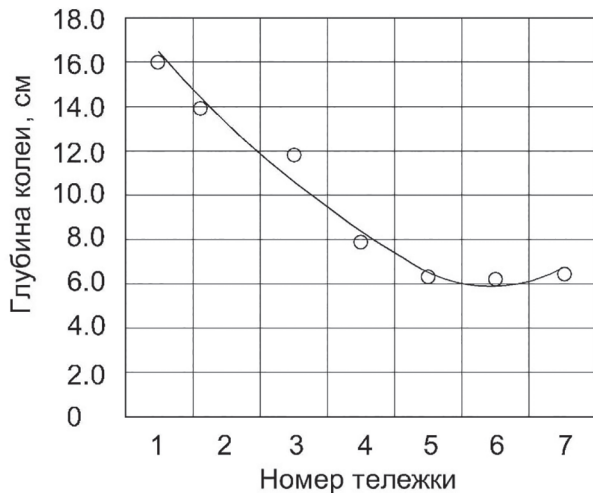


Рис. 7. Зависимость глубины колеи от номера опорной тележки в конце поливного сезона: ДМ «Кубань-ЛК1М» (48,7 м пролет, шины 14,9-24),  $H'' = 0,041t_{OT}^3 + 0,023t_{OT}^2 - 3,489t_{OT} + 19,8$ ;  $R^2 = 0,967$

Fig. 7. Dependence of the track depth on the number of the support undercarriage at the end of the irrigation season: "Kuban-LK1M" sprinkler (48,7 m rut, tires 14,9-24),  $H'' = 0,041t_{OT}^3 + 0,023t_{OT}^2 - 3,489t_{OT} + 19,8$ ;  $R^2 = 0,967$

и до 9 см в конце поливного сезона, несмотря на увеличение длины пролета (рис. 8).

Анализ данных показывает, что на почвах повышенной прочности ДМ целесообразно оборудовать узкими пневмоколесами. На почвах с низкой несущей способностью и значительными поливными нормами от 600 м<sup>3</sup>/га – более широкопрофильными пневматическими шинами 18-24; 23-26, 21.3-24 для ДМ «Кубань-ЛК1», «Кубань-ЛК1М» (КАСКАД), «КАСКАД с шириной профиля 0,30–0,54 м, в том числе установкой более широкопрофильных шин в концевой части машин.

Кроме того, в условиях пониженной прочности почв возможно применение на ДМ шин с меньшими значениями ширины профиля, нежели рекомендуемые, но для уменьшенных величин длин пролетов ДМ или уменьшенного диаметра водопроводящего трубопровода.

### Заключение

Проведенные исследования позволили определить ориентировочные зоны применения колесных систем в зависимости от несущей способности почвы:

– повышенной несущей способности (тяжелосуглинистые почвы, нормы полива

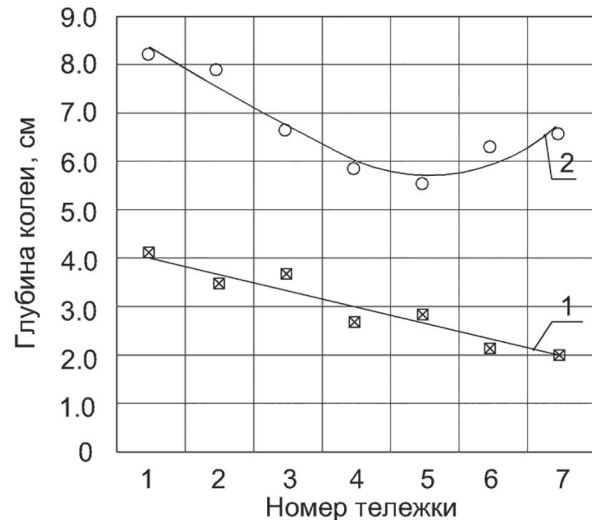


Рис. 8. Зависимость глубины колеи от номера опорной тележки при несущей способности почвы 110–125 кПа в начале (1) и конце (2) поливного сезона, ДМ «Кубань-ЛК1М» (59,5 м пролет, шины 16,9-24):

1 –  $H'' = 0,03t_{OT}^3 - 0,206t_{OT}^2 - 0,357t_{OT} + 8,871$ ;  $R^2 = 0,935$ ; 2 – теоретическая зависимость

Fig. 8. Dependence of the track depth on the number of the support undercarriage with a soil bearing capacity of 110–125 kPa at the beginning (1) and in the end (2) of the irrigation season, "Kuban-LK1M" sprinkler (59,5 m span, tires 16,9-24): 1 –  $H'' = 0,03t_{OT}^3 - 0,206t_{OT}^2 - 0,357t_{OT} + 8,871$ ;  $R^2 = 0,935$ ; 2 – theoretical dependence

до 300 м<sup>3</sup>/га,  $P_{ПП} \geq 80-100$  кПа) узкопрофильные пневматические колеса. Глубина колеи – не более  $H'' = 0,08-0,1$  м;

– средней несущей способности (суглинистые почвы, нормы полива 300–500 м<sup>3</sup>/га,  $P_{ПП} \geq 60-80$  кПа) – обычные шины. Глубина колеи –  $H'' = 0,05-0,1$  м;

– низкой несущей способности (легкие, норма полива более 500 м<sup>3</sup>/га,  $P_{ПП} < 60$  кПа) – широкопрофильные шины,  $H'' = 0,1-0,15$  м.

Полученные экспериментальные данные хорошо сочетаются с показателями теоретических расчетов.

### Литература

1. Рязанцев А.И. Механизация полива широкозахватными дождевальными машинами кругового действия в сложных условиях. Рязань, 1991. 131 с.
2. Каталог продукции Valley. URL: / www.valmont.com/irrigation\_(Дата обращения: 16.01.2018).
3. Каталог ирригационной продукции Zimmatic by Lindsay. URL: www.lindsay.com. (Дата обращения: 23.01.2018).

4. Рязанцев А.И., Кириленко Н.Я., Шереметьев А.В. Технологические особенности полива дождевальной машиной «Фрегат» культурных пастбищ // Техника и технологии агропромышленного комплекса. Вестник ФГОУ ВПО МГАУ. 2012. № 5. С. 27–30.
5. Рязанцев А.И., Антипов А.О. Технико-эксплуатационные особенности многоопорной электрифицированной дождевальной машины нового поколения «Кубань-ЛК1» // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. 2016. № 2. С. 83–87.
6. Рыжко Н.Ф. Обоснование ресурсосберегающего дождевания // Вестник Саратовского Государственного университета им. Н.И. Вавилова. 2014. № 7. С. 40–45.
7. Слюсаренко В.В., Надежкина Г.П., Рыжко Н.Ф. Технические решения для повышения площади полива и коэффициента земельного использования дождевальных машин кругового действия // Научная жизнь. 2014. № 2. С. 100–109.
8. Кеита Шейк Ахмед Тидиан. Обоснование широкогозахватных дождевальных машин на пойменных землях: Автореф. дис. канд. техн. наук. М., 1996. 25 с.
9. Михалев Н.В. Обоснование технологических и технических решений по распределению стоков дождевальными машинами кругового действия: Дис. ... канд. техн. наук. М., 2000. 155 с.
10. Абдразаков Ф.К., Журавлева Л.А., Соловьев В.А. Рациональное снижение металлоемкости при конструировании широкогозахватных дождевальных машин // Аграрный научный журнал. 2018. № 5. С. 37–42.
11. Abdrazakov F.K., Soloviev D.A., Zhuravleva A.L. [и др.] The studies of water flow characteristics in the water conducting belt of wide-coverage sprinkling machines // The Turkish Online Journal of Design, Art and Communication TOJDAC ISSN: 2146-5193. Special Edition, March 2018. P. 567–577.
12. Журавлева Л.А., Ван Тхуан Н. Технологические и технические решения для обеспечения ресурсосберегающего и экологически безопасного полива широкогозахватными дождевальными машинами. М.: ФГБОУ ВО Московский политехнический университет. Саратов: Амирит, 2020. 161 с.
1. Ryazantsev A.I. *Mekhanizatsiya poliva shirokoxvatnyimi dozhdeval'nymi mashinami krugovogo deystviya v slozhnykh usloviyakh* [Mechanization of irrigation with wide-grip pivot irrigation machines in difficult conditions]. Ryazan', 1991. 131 p.
2. *Katalog produktsii Valley* [Valley product catalog]. URL:/www.valmont.com/irrigation (accessed: 16.01.2018).
3. *Katalog irrigatsionnoy produktsii Zimmatic by Lindsay* [Zimmatic by Lindsay Catalog of irrigation products]. URL: www.lindsay.com. (accessed: 23.01.2018).
4. Ryazantsev A.I., Kirilenko N.YA., Sheremet'yev A.V. Technological features of irrigation with a sprinkler "Fregat" of rotation pasture. *Tekhnika i tekhnologii agropromyshlennogo kompleksa. Vestnik FGOU VPO MGAU*. 2012. No 5, pp. 27–30 (in Russ.).
5. Ryazantsev A.I., Antipov A.O. Technical and operational features of the new generation multi-support electrified sprinkler "Kuban-LK1". *Vestnik Ryazanskogo gosudarstvennogo agrotekhnologicheskogo universiteta im. P.A. Kostycheva*. 2016. No 2, pp. 83–87 (in Russ.).
6. Ryzhko N.F. Rationale for resource-saving sprinkling. *Vestnik Saratovskogo Gosagrouniversiteta im. N.I. Vavilova*. 2014. No 7, pp. 40–45 (in Russ.).
7. Slyusarenko V.V., Nadezhkina G.P., Ryzhko N.F. Technical solutions to increase the irrigation area and land use ratio of pivot irrigation machines. *Nauchnaya zhizn'*. 2014. No 2, pp. 100–109 (in Russ.).
8. Keita Sheyk Akhmed Tidian. *Obosnovaniye shirokoxvatnykh dozhdeval'nykh mashin na poymennyykh zemlyakh*: Avtoref. dis. kand. tekhn. nauk [Justification of wide-coverage sprinkler machines at wet soils: Abstract to the Dissertation for Degree of PhD in Engineering]. Moscow, 1996. 25 p.
9. Mikhalev N.V. *Obosnovaniye tekhnologicheskikh i tekhnicheskikh resheniy po raspredeleniyu stokov dozhdeval'nymi mashinami krugovogo deystviya*: Dis. ... kand. tekhn. nauk [Justification of technological and technical solutions for the distribution of effluents by circular sprinklers: Dissertation for Degree of PhD in Engineering]. Moscow, 2000. 155 p.
10. Abdrazakov F.K., Zhuravleva L.A., Solov'yev V.A. Rational reduction of metal consumption in the design of wide-grip sprinkler machines. *Agrarnyy nauchnyy zhurnal*. 2018. No 5, pp. 37–42 (in Russ.).
11. Abdrazakov F.K., Soloviev D.A., Zhuravleva A.L. [i dr.] The studies of water flow characteristics in the water conducting belt of wide-coverage sprinkling machines // The Turkish Online Journal of Design, Art and Communication TOJDAC ISSN: 2146-5193. Special Edition, March 2018. R. 567–577.

## Reference

1. Ryazantsev A.I. *Mekhanizatsiya poliva shirokoxvatnyimi dozhdeval'nymi mashinami krugovogo deystviya v slozhnykh usloviyakh* [Mechanization of irrigation with wide-grip pivot irrigation machines in difficult conditions]. Ryazan', 1991. 131 p.

12. Zhuravleva L.A., Van Tkhan N. *Tekhnologicheskiye i tekhnicheskiye resheniya dlya obespecheniya resursosberegayushchego i ekologicheskogo bezopasnogo poliva shirokozakhatnymi dozhdval'nymi mashinami* [Technological and technical

solutions for providing resource-saving and environmentally friendly irrigation with wide-coverage sprinklers]. Moscow: FGBOU VO Moskovskiy politekhnicheskiy universitet. Saratov: Amirit Publ., 2020. 161 p.

## REDUCED RUTTING OF WIDE-GRIP SPRINKLERS

DSc in Engineering **L.A. Zhuravleva, N.V. Tkhan**

Moscow Polytechnic University, Moscow, Russia

nguyenthuan230593@gmail.com

*During the process of irrigation, when moving sprinklers across the field, the wheels of the running supports create a track. As the number of passes increases, so does the depth of the track. At the end of the irrigation season, it can reach 0,3–0,45 m, lead to slipping wheels and excessive watering. The intensity of the process of rutting and reducing the coupling properties of the running systems of sprinkler machines is further increased in the presence of free, not absorbed water, causing the formation of runoff on the track. The greatest depth of the track by the end of the season in the last undercarriages occurs due to the increase in the intensity of irrigation and the diameter of the drops of sprinklers located at the end of the pipeline. The choice of running systems should be made taking into account the characteristics of irrigated surfaces, rational ratios of span lengths, diameters of pipelines and sprinkler arrangement schemes. The aim of the study is to consider the impact of the irrigation process on the bearing properties of the soil and the formation of a track. The article presents theoretical dependences for determining the depth and width of the track for two-wheeled and three-wheeled undercarriages of wide-grip sprinkler machines. Field studies were conducted on "Kuban-LK1M" (Cascade) and "CASCADE" sprinkler machines. The article presents the dependence of the track depth on the number of the undercarriages with a soil bearing capacity of 110–125 kPa. The research made it possible to determine the approximate zones of application of wheel systems, depending on the bearing capacity of the soil. Analysis of the data shows that it is advisable to equip sprinklers with narrow pneumatic wheels on soils of increased strength. On soils with low bearing capacity and significant irrigation rates from 600 m<sup>3</sup>/ha – wide-profile pneumatic tires 18–24; 23–26, 21,3–24 for "Kuban-LK1", "Kuban-LK1M" (KASKAD), KASKAD with a profile width of 0,30–0,54 m, including the installation of wider tires at the end part of the machines.*

*In addition, in conditions of low soil strength, it is possible to use tires on sprinklers with smaller profile widths than the recommended ones, but for reduced span lengths or a reduced diameter of the water pipeline.*

**Keywords:** irrigation, sprinkler, irrigation rate, pressure

**Cite as:** L.A. Zhuravleva, N.V. Tkhan Reduced rutting of wide-grip sprinklers. *Izvestiya MGTU «MAMI»*. 2020. No 4 (46), pp. 38–45 (in Russ.). DOI: 10.31992/2074-0530-2020-46-4-38-45.