

ПОСТРОЕНИЕ КАРТЫ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПОЛЯ В ИЗОЛИНИЯХ ТВЕРДОСТИ ПОЧВЫ МЕТОДОМ КРИГИНГА

Каминьски Я.Р., Мишин П.А.

Для повышения эффективности почвообрабатывающих агрегатов необходимо их адаптировать к условиям функционирования, то есть к почвенным условиям сельскохозяйственного поля. На основе анализа физико-механических и технологических свойств почвы установлено, что наиболее существенным, интегральным и одним из основных свойств является твердость, которая наиболее полно и обобщенно характеризует сельскохозяйственное поле с точки зрения энергоемкости механической обработки [1]. Твердость почвы в пределах поверхности сельскохозяйственного поля является переменной и случайной величиной [2]. Пространственную изменчивость твердости почвы на участках поля можно представить в форме карт, содержащих изолинии - линии равных значений твердости почвы, с помощью специальных математических интерполяционных методов с применением ПЭВМ.

ВВЕДЕНИЕ

Повысить эффективность работы почвообрабатывающих агрегатов можно путем их адаптации к почвенным условиям сельскохозяйственного поля. На основе анализа физико-механических и технологических свойств почвы установлено, что наиболее существенным, интегральным и одним из основных свойств является твердость, которая наиболее полно и обобщенно характеризует сельскохозяйственное поле с точки зрения энергоемкости механической обработки.

Твердость почвы в пределах поверхности поля является переменной и случайной величиной. Исследования ряда авторов показывают, что твердость почвы на одном и том же участке изменяется в несколько раз в зависимости от влажности, содержания гумуса, сроков и способов обработки, степени покрытия растениями и других факторов. Пространственную изменчивость твердости почвы можно представить в форме карт, содержащих изолинии - линии равных значений твердости почвы, с помощью специальных математических интерполяционных методов с применением ПЭВМ. Построение карт в изолиниях с помощью ПЭВМ должно содержать промежуточный этап - построение математической поверхности. Тогда соответствующая программа для ПЭВМ позволит вычертить изолинии интересующих нас величин на основе математических соотношений. Создание математической модели изменчивости твердости почвы необходимо для адаптации почвообрабатывающих агрегатов в системе «поле-машина-оператор» с применением в будущем бортовых компьютеров.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Построение карт в изолиниях с помощью ПЭВМ ведут либо методом триангуляции, либо методом сетей [3,4]. Нами установлено, что метод сетей в сочетании с методом кригинга является наиболее оптимальным способом картирования в изолиниях пространственного распределения твердости почвы на исследуемых участках сельскохозяйственного поля. Для описания по этому методу математической поверхности исследуемой величины на каком-либо участке сельскохозяйственного поля пользуются выражением для оценки твердости почвы T_B в рассматриваемом узле сети p по k близким к нему контрольным точкам в общем виде

$$T_{Bp} = \sum_{i=1}^k Q_i \cdot T_{B_i} \quad , \quad (1)$$

где Q_i – вес i -го значения твердости почв T_{B_i} по отношению к оцениваемой p из k контрольных точек.

Веса Q_i определяют из системы уравнений в матричной форме

$$\begin{vmatrix} \gamma(\xi_{11}) & \gamma(\xi_{12}) & \dots & \gamma(\xi_{1k}) & 1 \\ \gamma(\xi_{12}) & \gamma(\xi_{22}) & \dots & \gamma(\xi_{2k}) & 1 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \gamma(\xi_{1k}) & \gamma(\xi_{2k}) & \dots & \gamma(\xi_{kk}) & 1 \\ 1 & 1 & \dots & 1 & 0 \end{vmatrix} \begin{vmatrix} Q_1 \\ Q_2 \\ \dots \\ Q_k \\ \lambda \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} \gamma(\xi_{1p}), \\ \gamma(\xi_{2p}), \\ \dots \\ \gamma(\xi_{kp}), \\ 1 \end{vmatrix} \dots \dots \quad (2)$$

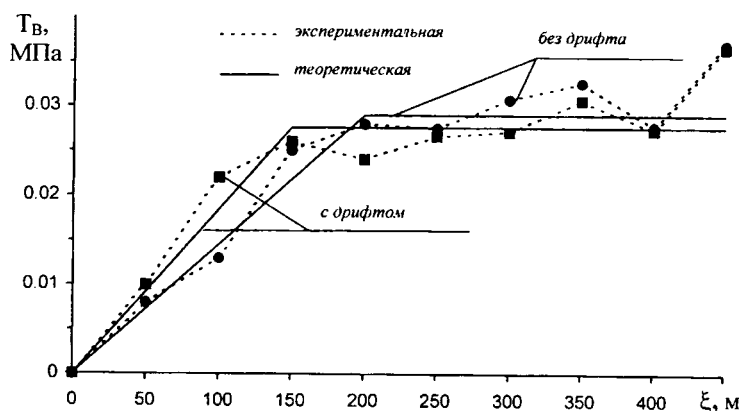
где $\gamma(\xi_{ij})$ - полувариограмма на расстоянии ξ , соответствующем интервалу между контрольными точками i и j ; $\gamma(\xi_{ip})$ - полувариограмма для расстояния между известной точкой i и точкой p , в которой производится оценка твердости; λ - множитель Лагранжа.

Полувариограмма показывает, как дисперсия разности значений твердости почвы в двух точках на участке поля изменяется от расстояния между ними, т.е. раскрывает пространственную структуру распределения твердости почвы. Обычно полувариограмма строится по результатам экспериментальных исследований и предшествует процедуре кригинга.

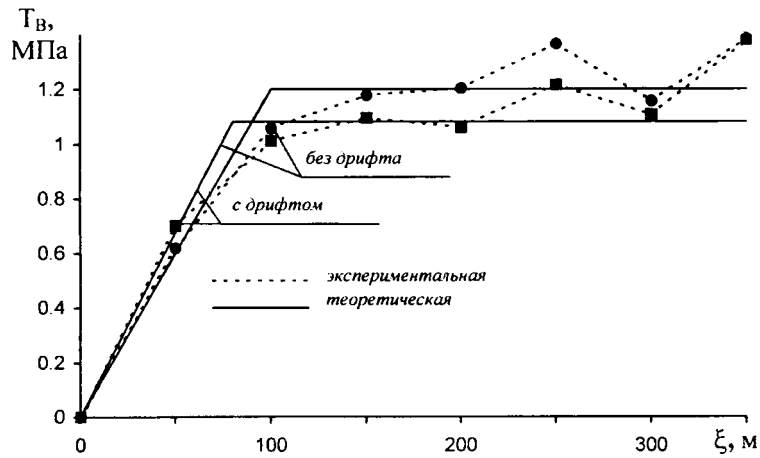
РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

С целью построения карт твердости почвы в изолиниях проведены опыты на разных агрофонах и получены экспериментальные и теоретические полувариограммы для исследуемых участков. Эксперименты подтвердили, что наименьшую дисперсию оценки твердости для исследуемых участков среди рассматриваемых моделей имеет линейная с изломом полувариограмма, принятая для аппроксимации экспериментальных значений твердости на участках. Результаты показывают, что на агрофоне пласт многолетних трав метод кригинга достоверно описывает оценку переменной твердости почвы при максимально допустимом расстоянии между точками измерения $\xi=150$ м без дрефта и $\xi=100$ м с учетом дрефта. Для агрофона поле, подготовленное под посев области влияния полувариограммы составляют соответственно $\xi=200$ м и $\xi=150$ м (рис. 1а), на многолетней залежи эти величины равны 100 и 80 м (рис. 1б).

Анализ показывает, что на многолетней залежи по сравнению с другими агрофонами дисперсия изменения твердости почвы наибольшая, что приводит к необходимости уменьшения аксимально допустимого расстояния между точками измерения ξ . Если на этом агрофоне увеличить расстояние $\xi > 80 \dots 100$ м, то регионализованная переменная γ_ξ становится нечувствительной.



а)



б)

Рис.1. Экспериментальная и теоретическая полувариограммы на агрофонах: а) – поле, подготовленное под посев (учхоз «Приволжское» ЧГСХА); б) – многолетняя залежь (учхоз «Пушкинское» СПб ГАУ).

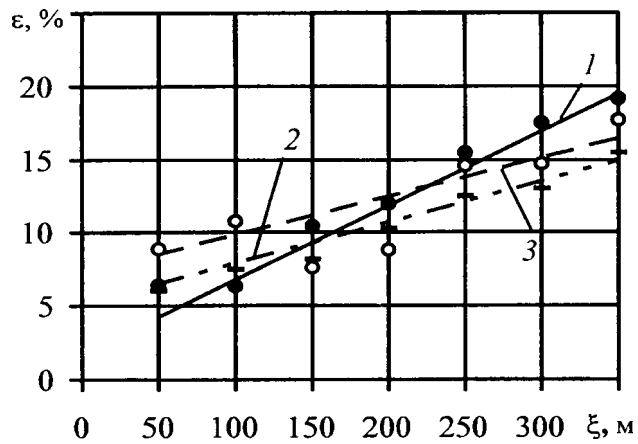


Рис.2 Оценка твердости почвы по методу кригинга на агрофонах: 1 – пласт многолетних трав (ЧГСХА); 2 – поле, подготовленное под посев (ЧГСХА); 3 – многолетняя залежь (СПб ГАУ)

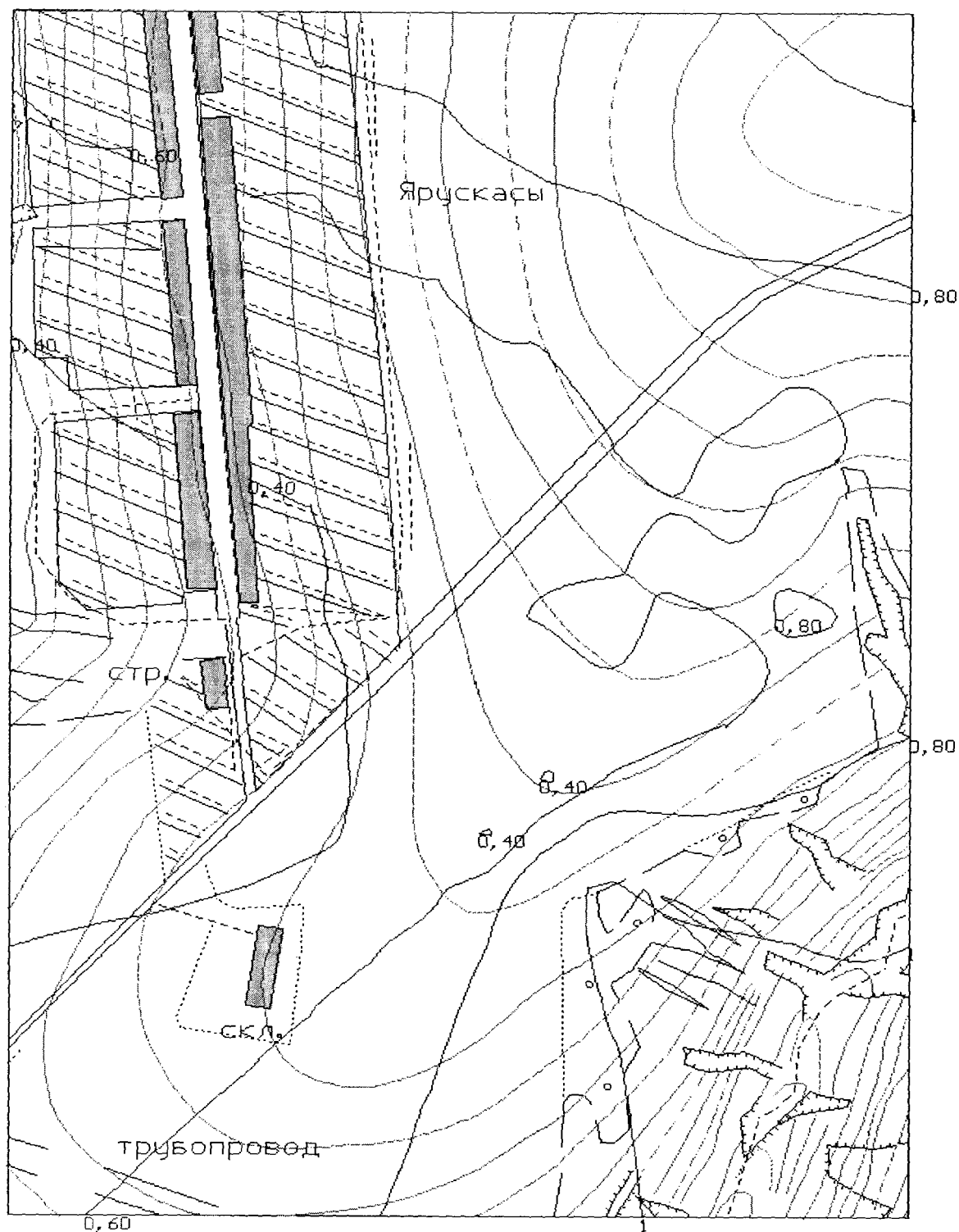


Рис.3 Карта твердости почвы в изолиниях на экспериментальном участке учхоза «Приволжское» Чувашской ГСХА (агрофон – поле, подготовленное под посев)

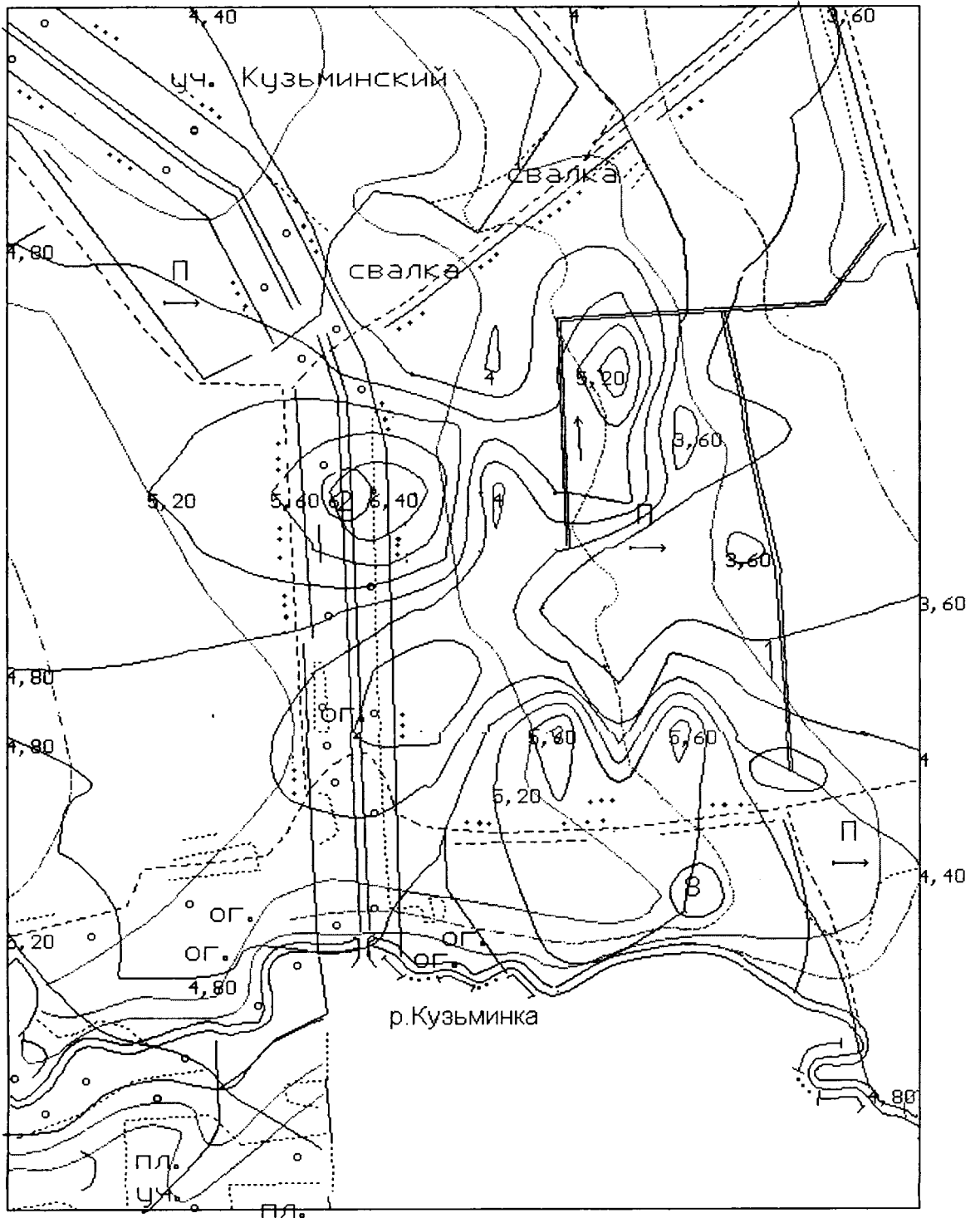


Рис.4 Карта твердости почвы в изолиниях на экспериментальном участке учхоза «Пушкинское» СПб ГАУ (агрофон – многолетняя залежь)

Сравнение результатов обработки экспериментальных данных на исследованных участках статистическим методом и методом кригинга показывает, что последний в зависимости от агрофона в 1,5...3,8 раза позволяет снизить стандартную ошибку и одновременно учесть пространственную вариабельность значений твердости почвы. Оценка твердости почвы по методу кригинга для различных агрофонов подтверждает

(рис.2), что на агрофоне поле, подготовленное под посев, значения относительной ошибки ϵ от минимального расстояния ξ между экспериментальными точками меньше, чем на других агрофонах. Сравнение прямых 1,2 и 3 на рис.2 показывает, что максимально допустимое расстояние ξ между ближайшими точками измерения при соблюдении относительной ошибки $\epsilon = 10...12\%$ не должно превышать на многолетней залежи 140 м, на пласте многолетних трав 200 м и на поле, подготовленном под посев, 240 м.

По приведенным результатам построены карты твердости почвы в изолиниях на экспериментальных участках (рис.3 и 4). Для построения карт использованы ПЭВМ, дигитайзер и плоттер. Анализ карт показывает, что на агрофоне многолетняя залежь (рис.4) по сравнению с агрофоном поле, подготовленное под посев (рис.3), твердость почвы имеет большие значения и изменяется в широких пределах. Это вызвано с многократными проходами по участку техники и живностей, а также отсутствием механической обработки почвы подряд несколько лет, в результате увеличиваются величина твердости и ее вариация. На агрофоне поле, подготовленное под посев в результате нескольких механических обработок перед посевом, структура почвы разрушается, а значения твердости выравниваются. Поэтому на агрофоне многолетняя залежь изолинии твердости насыщены, они расположены близко друг к другу и имеются много замкнутых изолиний, в которых твердость постоянная. На агрофоне поле, подготовленное под посев, изолинии изрезаны и происходит их более упорядоченное расположение.

ВЫВОДЫ

Сравнительный анализ карт показывает, что различие в твердости почвы в различных точках поля зависит от агрофона и вызвано в основном воздействием на нее движителей тракторов и колес машин при их передвижении по полю в период выращивания и уборки культур.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мишин П.В. Исследования условий адаптивного функционирования почвообрабатывающих агрегатов. – В кн.: Плодородие почвы – основа высокоэффективного земледелия. – Матер. межрегиональной научно-практ. конф., посвященной 100-летию со дня рождения профессора С.И. Андреева, Чебоксары, 2000. – С.59...62.

2. Мишин П.В. Определение коэффициента использования номинальной силы тяги трактора с учетом вероятностного характера изменения твердости почвы. – В кн.: Ecological aspects of mechanization of plant production. – VIII international symposium, Warszawa, 2001. – С.163...169.

3. Девис Дж.С. Статистический анализ данных в геологии: Пер. с англ. В 2 кн./Пер. В.А. Голубевой; под. ред. Д.А. Родионова. Кн.1. – М.: Недра, 1990.-319 с.; Кн.2. – М.: Недра, 1990. – 427 с.

4. Матерон Ж. Основы прикладной геостатистики. – М.: Мир, 1968. – 408 с.