



**Рис. 3.** Удельный вес времени операций и скорость проходки ствола диаметром 8 м при различной крепости пород: а - при  $P = 2 \text{ м}^3/\text{ч}$ ; б - при  $P = 4 \text{ м}^3/\text{ч}$ ; в - при  $P = 10 \text{ м}^3/\text{ч}$

При данном диаметре ствола и увеличении эксплуатационной производительности средств погрузки породы снижение темпов проходки выработки при возрастании коэффициента крепости пород будет проявляться интенсивнее при более высоких значениях  $P$ . Так, например, для ствола  $D=8$  м и  $P=2 \text{ м}^3/\text{ч}$ , при переходе от  $f=8$  к  $f=20$  наблюдается уменьшение скорости проходки ствола в 1,148 раза, в то время как при  $P=4 \text{ м}^3/\text{ч}$ , и соответствующих условиях происходит уменьшение скорости проходки ствола в 1,239 раза. Можно утверждать, что в этом случае будет возрастать значимость такого фактора, как эксплуатационная производительность средств бурения.

Рассмотрим изменения структуры проходческого цикла в породах с очень высокой крепостью. При прочих равных условиях, но при коэффициенте крепости пород  $f=20$  в стволе  $D=6$  м структура времени цикла будет такова: бурение займет в нем 44 %, погрузка породы 14,11 %, крепление 33,17 %. В стволе  $D=8$  м структура времени примет вид: бурение уже 30,14 % (в 1,46 раза меньше), погрузка породы 19 % (в 1,36 больше), крепление 39,21 % (в 1,3 раза больше). Таким образом, переход от ствола диаметром 6 м к стволу диаметром 8 м привел к следующим изменениям структуры времени проходки: при небольшой крепости пород - к сильному сокращению удельного веса операции бурения и некоторому увеличению погрузки. В породах высокой степени крепости можно отметить относительное возрастание в стволах большего сечения удельного веса времени крепления и снижение бурения.

**Выводы и направления дальнейших исследований.** Таким образом, в результате исследований установлено, что при увеличении крепости пород с  $f=8$  до  $f=20$  скорость проходки стволов снижается в разных случаях в 1,148-1,61 раза, причем относительная интенсивность падения темпов строительства тем выше, чем на более высоком уровне находится производительность средств погрузки породы и больше диаметр ствола. С ростом крепости пород в структуре времени проходческого цикла будет возрастать удельный вес бурения, в особенности это проявляется при диаметре ствола  $D=6$  м и больших значениях  $P$ . При стремлении обеспечить высокие скорости строительства ствола, особенно в весьма крепких породах, необходимо использовать сочетание производительного бурового и погрузочного оборудования, в меньшей степени это относится к средствам крепления.

Дальнейшие исследования целесообразно распространить на установление оптимальных параметров проходческого цикла для различных условий.

Рукопись поступила в редакцию 23.06.12

УДК 621.86.067:622.788

Н.Н. БЕРЕЖНОЙ, д-р техн. наук, проф., Я.А. СТОЙКОВА, аспирантка  
ГВУЗ «Криворожский национальный университет»

## АНАЛИЗ СПОСОБОВ И СИСТЕМ ЗАГРУЗКИ АГЛОМЕРАЦИОННЫХ И ОБЖИГОВЫХ МАШИН КОНВЕЙЕРНОГО ТИПА

Выполнен сравнительный анализ существующих способов и систем загрузки агломерационных и обжиговых машин конвейерного типа. Исследованы методы и способы загрузки позволяющие интенсифицировать процесс спекания шихты и обжига окатышей.

**Проблема и её связь с научными и практическими задачами.** На сегодня агрегаты конвейерного типа являются самыми распространенными при производстве окучкованного желе-

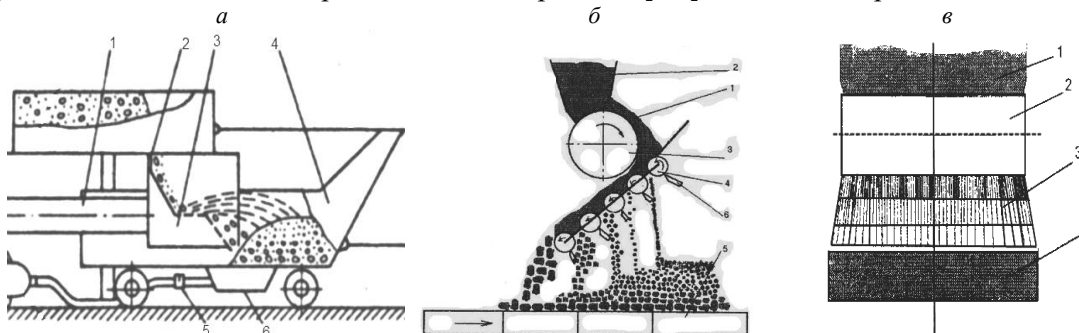
зородного сирья на території України і стран СНГ. Агломерационные машины производят спекание агломерата методом просасывания газа через зажжённый слой шихты, лежащей на конвейере из спекательных тележек. Окатыши производят по технологии обжига, путем воздействия открытого пламени на слой сырых окатышей находящихся на спекательных тележках, под которыми создается разряжение. Технология производства агломерата и окатышей на машинах конвейерного типа является экономичной, эффективной и, ввиду этого, распространённой. Постоянное усовершенствование делает процессы спекания и обжига еще более экономичными и эффективными.

Агрегаты для производства агломерата и окатышей схожи в основных элементах устройств, которыми являются: загрузочная часть, спекательная или обжиговая часть и разгрузка. Загрузка сырого материала является одной из важнейших операций, отвечающей за эффективность процесса спекания или обжига и качество готовой продукции. Загрузочное устройство как агломерационной, так и обжиговой машины должно обеспечивать равномерную, мягкую укладку шихтовых материалов без уплотнений слоя и без разрушения кусочков аглошихты и комочков сырых окатышей. Однако, загрузочное устройство для производства сырых окатышей должно обеспечивать более бережную укладку. Поэтому агломерационную шихту традиционно загружают с помощью системы загрузки состоящей из промежуточного бункера, барабанного питателя и загрузочного отражательного листа, а сырые окатыши - устройством, содержащим стационарный подающий ленточный конвейер и роликовый укладчик. Данные устройства не способствуют формированию слоя с наиболее эффективными способностями к спеканию и обжигу, не снижают негативное влияние зоны переувлажнения или не способны интенсифицировать процесс сушки сырых окатышей.

Известны многочисленные способы и устройства для загрузки шихтовых материалов, которые позволяют производить укладку слоя аглошихты или сырых окатышей с лучшей организацией материалов, тем самым улучшая процессы спекания и обжига.

**Анализ исследований и публикаций.** Для загрузки агломерационной шихты успешно применяются в мировой практике модернизированные традиционные загрузочные устройства на базе барабанных питателей с различными модификациями стабилизаторов, плоских, роликовых и других укладчиков и рыхлителей шихты. Недавние исследования [1] загрузочных устройств агломерационной машины показали целесообразность укладки слоя с обеспечением его сегрегации по крупности. Так, большие кусочки должны находиться внизу слоя, чтобы успеть равномерно подогреться к началу процесса спекания и обеспечить лучшую газопроницаемость в нижних горизонтах слоя, которые обычно «страдали» из-за конденсации влаги. Более мелкие кусочки, которые спекаются быстрее и содержат больше топлива, ввиду меньшей крупности топлива содержащегося в шихте, загружаются сверху. Благодаря этому обеспечивается лучшая газопроницаемость слоя и повышается качество готового агломерата из-за более полноценного протекания процесса.

Наиболее эффективные загрузочные устройства, обеспечивающие распределение фракции от более крупной в нижних горизонтах слоя до самой мелкой в верхних, т.е. сегрегацию по крупности по высоте слоя, представленные в работах [2,3], показаны на рис. 1.



**Рис. 1.** Загрузочные системы для укладки аглошихты, обеспечивающие сегрегацию материалов по крупности по высоте слоя: *а* – пневматическое загрузочное устройство (1 - направленный поток воздуха; 2 - материал; 3 - пневматическая камера; 4 - спекательная часть агломашин; 5,6 – воздухоотводящая система); *б* – загрузочная система с управляемой сегрегацией шихты с применением валкового грохота (1 - поток шихты; 2 - промежуточный бункер; 3 - барабанный питатель; 4 - валковый грохот; 5 - паллеты; 6 - ножи); *в* – модифицированная традиционная загрузочная система с наклонным вибрационным грохотом (1 - шихта, 2 - барабанный питатель, 3 - наклонный вибрационный грохот с переменными сечениями ячеек)

В работе [2] (рис. 1а) исследовали способ загрузки шихты на спекательные тележки агломерационной машины путем использования энергии сжатого воздуха. Обработка шихты воздухом при загрузке приводит к сегрегации частиц по крупности, а также к перераспределению по высоте слоя твердого топлива и известняка. Пневматическая загрузка позволяет получить слой шихты с более рыхлой структурой. Об этом свидетельствуют также и увеличение высоты слоя шихты на тележке после пневматической загрузки, причем изменения высоты слоя и его относительной газопроницаемости соответствуют друг другу. Однако, при таком способе загрузки система значительно усложнена воздухоподающими и воздухоотводящими устройствами, что вызывает сложность в её эксплуатации на практике.

Повысить степень сегрегации шихты по высоте можно также путем замены наклонного листа традиционного загрузочного устройства, грохотом с переменным сечением отверстий (рис. 1б) [3]. Валковый грохот состоит из 4-5 валков, вращающихся в сторону опущенного конца грохота. Расстояния между валками последовательно увеличиваются по направлению к нижнему разгрузочному концу грохота. Так, например, расстояние между первым сверху и вторым валками 2 мм, между вторым и третьим - 3 мм, затем 5 и 7 мм. Шихта с барабанного питателя подается на валковый грохот и наиболее мелкие частицы просыпаются между первыми валками, а наиболее крупные гранулы проходят через весь грохот и сыплются с разгрузочного конца. За счет направления движения шихты на грохоте против направления движения аглоленты наиболее крупные гранулы укладываются непосредственно на решетку. Более мелкие частицы располагаются в верхних горизонтах спекаемого слоя. Преимуществом описанного устройства является то, что вращающиеся валки способствуют выравниванию распределения шихты по ширине и устранению нежелательной поперечной сегрегации шихты. В пользу валкового грохота говорит имеющийся опыт его использования при загрузке сырых окатышей на конвейерную обжиговую машину. Еще одним способом увеличения сегрегации аглошихты при загрузке является замена наклонного листа наклонным вибрационным колосниковым или струнным грохотом с переменным сечением ячеек, которые направлены вдоль направления движения шихты (рис. 1в). Принцип работы идентичен валковому грохоту, однако, колосниковый грохот имеет более высокий КПД, благодаря чему можно ожидать более высокую степень сегрегации. С налипанием шихты на решетки можно бороться путем изменения частоты вибрации грохота. Благодаря простой конструкции, при необходимости можно вернуться к традиционной системе загрузки.

Многочисленные модификации загрузочных устройств, представлены в работе [4]. В них предлагается усилить сегрегацию шихты с помощью различных приспособлений в виде дополнительных барабана и загрузочного лотка, дополнительного транспортера, устанавливаемого вместо отражательного листа, барабана после отражательного листа и другие. Заслуживает внимания приспособление для усиления сегрегации по высоте, которое представляет собой подпружиненную направляющую балку с закрепленным на ней очистным ножом выгнутой вниз формы. Однако, на практике описанные загрузочные устройства не применяются. Существенным недостатком таких загрузочных устройств является то, что они имеют только одну степень свободы. Угол наклона загрузочного лотка, даже с модификациями, связан с высотой слоя шихты синусоидальной зависимостью. Увеличение высоты слоя шихты до 0,40 м приводит к уменьшению угла наклона загрузочного лотка до  $38,6^\circ$ , в то время как угол естественного откоса окомкованной шихты составляет  $39-40^\circ$ . Поэтому регулировать степень сегрегации шихты с помощью таких загрузочных систем практически невозможно. Автором работы [4] разработано загрузочное устройство, позволяющее независимо от высоты слоя аглошихты регулировать угол наклона лотка. Скоба с прорезью, внутри которой закреплен палец загрузочного лотка, крепится к горизонтальной балке, находящейся над агломашинной. Прорезь в скобе выполнена под углом  $45^\circ$  к верхней кромке борта паллет и имеет длину 180 мм. С торца прорезь закрыта винтом, при помощи которого можно фиксировать положение пальца загрузочного лотка. Палец перемещается вниз по боковой кромке лотка на 170 мм. Это дает возможность без существенных конструктивных изменений системы загрузки использовать лоток типовой конструкции. Были установлены количественные зависимости степени сегрегации шихты от угла наклона загрузочного лотка и обоснован выбор его оптимальной величины составляющей  $45^\circ$ . Такая величина угла наклона является оптимальной для обеспечения сегрегации и распределения углерода топлива по высоте слоя шихты.

Загрузочные системы для укладки окатышей на обжиговую машину обычно состоят из стаци-

онарного подающего конвейера для подачи сырых окатышей и роликового укладчика для их классификации и равномерного распределения по ширине обжиговой машины. Для обеспечения равномерной загрузки обжиговой машины роликовый укладчик должен иметь достаточно большую длину, что приводит к увеличению массы и снижению надежности этого сложного агрегата. Для уменьшения длины роликового укладчика рассмотрено грузочное устройство обжиговой конвейерной машины, содержащее стационарный подающий конвейер и разгрузочную ветвь, состоящую из ленточного стационарного роликового укладчика и расположенного над ним промежуточного ленточного конвейера, закрепленного на транспортном средстве с возможностью возвратно-поступательного перемещения вдоль ширины роликового укладчика [5]. Промежуточный ленточный конвейер "растаскивает" сырые окатыши по ширине роликового укладчика, на долю которого остается лишь дальнейшая гомогенизация слоя и отсеивание мелочи, что позволяет значительно уменьшить его длину. Однако описанное грузочное устройство обеспечивает однослойную загрузку окатышей, что снижает эффективность процесса сушки сырых окатышей. Так же в работе [5] предложено грузочное устройство позволяющее производить двухслойную загрузку сырых окатышей. Грузочное устройство работает следующим образом. Сырые окатыши подаются по конвейеру и сбрасываются на делитель тележки. Далее при помощи конвейеров и роликовых укладчиков они подаются двумя слоями на обжиговую машину. Предварительно укладывается слой донной постели из обожженных окатышей и с двух сторон укладывается бортовая постель из таких же окатышей. Благодаря возвратно-поступательному перемещению тележки обеспечивается распределение сырых окатышей по всей ширине конвейеров. Это, в свою очередь, обеспечивает эффективное рассеивание окатышей на роликовых тележках с исключением мелочи, проваливающейся между роликами на конвейер. После укладки первого слоя сырых окатышей производится их сушка, а затем укладывается второй слой сырых окатышей и осуществляется его сушка. Регулируя положение делителя можно менять соотношение количества окатышей, подаваемых в первый и второй слой, и тем самым регулировать толщину этих слоев. Изобретение обеспечивает равномерную двухслойную загрузку обжиговой машины при сравнительно простой и высоконадежной конструкции грузочного устройства.

Опыт эксплуатации обжиговых машин показал, что обожженные окатыши низкого качества образуются в нижнем горизонте слоя. Это связано с неравномерностью температурно-временной обработки по высоте слоя. Низкое качество окатышей обусловлено недостатком времени их пребывания при температуре обжига. Время протекания физико-химических процессов при обжиге окатышей зависит от их размера. У более мелкой фракции окатышей нижнего горизонта степень превращения будет выше, чем у более крупных окатышей, попадающих в нижние горизонты при однослойной загрузке. Известно, что с уменьшением размера окатышей увеличивается их объемная поверхность, что способствует интенсификации теплообмена. В работе [6] описана конвейерная обжиговая машина для термообработки окатышей, содержащая устройство для их двухслойной загрузки на машину, включающее роликовый питатель, камеру сушки нижнего слоя и тягодутьевые средства. Устройство для двухслойной загрузки окатышей снабжено последовательно размещенными после роликового питателя роликовым классификатором и дугообразным конвейером, расположенным над камерой сушки нижнего слоя и огибающим ее с двух сторон. Данное грузочное устройство обеспечивает пофракционную загрузку окатышей и отдельную сушку каждого слоя, имеет более простую конструкцию и габариты, не превышающие высоту существующих укладчиков. Пофракционная двухслойная укладка и отдельная сушка каждого слоя позволяет повысить порозность слоя, уменьшить газодинамическое сопротивление, увеличить скорость фильтрации или снизить энергозатраты на тягодутьевые средства обжиговой машины.

**Постановка задачи исследования.** В результате изучения существующих устройств, для загрузки материалов на агломерационную и обжиговую машину необходимо обозначить наиболее эффективную технологию укладки слоя аглошихты и окатышей, способную интенсифицировать процессы спекания и обжига, повысить качество готовых продуктов и снизить энергозатраты. Устройство для загрузки шихтовых материалов на агломерационную машину должно обеспечивать пофракционную сегрегацию слоя по высоте, а так же быть удобным в эксплуатации в промышленных условиях. Грузочные системы для укладки сырых окатышей, помимо простоты конструкции и небольших габаритов должны, обеспечивать технологию укладки слоя с его дифференциацией по крупности по высоте слоя. На сегодня не существует

устройств, способных без применения двухслойного пофракционного разделения обеспечить дифференцированную загрузку сырых окатышей.

**Изложение материалов и результатов.** Существующие способы и системы загрузки материалов на агломерационную и обжиговую машины достаточно разнообразны. Спекание агломерата отличается по технологии от обжига окатышей. Следовательно, и принципы технологических приёмов загрузки у них отличны. Интенсивность процесса спекания повышается при укладке способом, приводящим к сегрегации шихты по крупности, при которой наибольшие кусочки шихтовых материалов находятся внизу слоя. А при обжиге окатышей крупные гранулы, находящиеся в нижних горизонтах слоя, обжигаются недостаточно, вследствие неравномерности температурно-временной обработки по высоте слоя. Низкое качество окатышей обусловлено замедлением процесса сушки в нижних горизонтах слоя за счет влаги, выступающей из верхнего слоя, что отрицательно сказывается на производительности и эффективности процесса. Поэтому для обжига окатышей эффективным способом загрузки является процесс дифференцированной укладки, обратный по своей сущности в сравнении с процессом укладки шихтовых материалов на агломерационную машину с применением сегрегации по крупности по высоте слоя.

Для загрузки агломерационной шихты с обеспечением её сегрегации по крупности по высоте слоя были рассмотрены модернизированные загрузочные устройства [2-4]. Описанные загрузочные системы обеспечивают увеличение производительности агломашин, улучшение качества агломерата и снижение расхода энергоносителей. Наиболее эффективным является применение модернизированного загрузочного устройства разработанного автором работы [4]. Данная конструкция загрузочного устройства позволяет обеспечить укладку достаточно высокого слоя шихты с обеспечением её сегрегации по крупности по высоте слоя и распределение углерода топлива в верхних горизонтах слоя, что позволяет интенсифицировать процесс спекания и эффективнее использовать твердое топливо в слое шихты. В то же время предложенная конструкция является достаточно легкой в эксплуатации и не требует значительных материальных затрат. Так же предложенная модификация загрузочного устройства была рекомендована на Всесоюзной конференции агломератчиков в г. Киеве.

При изучении загрузочных систем для укладки сырых окатышей наиболее близким решением, обеспечивающим дифференцированную укладку, является устройство, описанное в работе [5]. Описанная пофракционная двухслойная укладка позволяет повысить порозность слоя, уменьшить газодинамическое сопротивление, увеличить скорость фильтрации или снизить энергозатраты на тягодутьевые средства обжиговой машины. Однако, необходимость в раздельной сушке каждого слоя значительно усложняет технологический процесс обжига окатышей и загромождает саму загрузочную систему большим количеством необходимых устройств. Наиболее эффективным решением будет применение традиционной загрузочной системы с заменой роликового укладчика валковым грохотом показанном на рисунке 1б. Достоинством валкового грохота является имеющийся опыт его использования при загрузке сырых окатышей на конвейерную обжиговую машину без обеспечения дифференцированной укладки. Расстояние между валками необходимо настроить таким образом, чтобы наиболее крупные гранулы сырых окатышей оказывались в верхних горизонтах слоя, а мелкие - в нижних. Таким образом, будет обеспечиваться дифференцированная укладка сырых окатышей, которая способствует увеличению прочности обожженных гранул и снижению энергозатрат. Однако, описанная загрузочная система, еще нуждается в дальнейшей разработке.

**Выводы и направление дальнейших исследований.** На основе анализа существующих способов и систем загрузки материалов на агломерационную и обжиговую машины конвейерного типа разработаны рекомендации по применению наиболее эффективных методов и устройств укладки аглошихты и сырых окатышей. Показана целесообразность обеспечения пофракционной сегрегации слоя аглошихты по высоте. Рекомендовано наиболее эффективное и простое в эксплуатации разгрузочное устройство, не требующее больших изменений в традиционной технологии загрузки шихтовых материалов, а именно, модифицированный лоток типовой конструкции с оптимальный углом наклона  $45^\circ$ , разработанный авторами работы [4]. Однако в промышленных условиях можно применять и другие модификации традиционной загрузочной системы, способствующие обеспечению сегрегации по крупности по высоте слоя при его укладке.

Для загрузки сырых окатышей с обеспечением дифференцированной укладки по высоте

слоя на сьогоднішній день не розроблено пристрій для найбільш ефективного процесу укладки. Однак, доведена цілесобразність диференційованої завантажки сирих окатышей, при якій найбільш крупні гранули будуть знаходитися вверху, а найбільш мелкі сирі окатыші повинні розполагатися в нижніх горизонтах слоя. Модифікацією традиційної завантажувальної системи сирих окатышей, яка найбільш розповсюджена і проста в експлуатації, забезпечуюча пофракційну диференційовану укладку, не needing в двохслойній завантажці і сушці кожного окремого слоя, являється заміна традиційного роликового укладчика валковим грохотом з змінним відстанню між валками. В розробці даної ідеї і заключається напрямленням подальших досліджень.

#### Список літератури

1. **Томаш А.А.** Застосування статистичного критерію сегрегації для оцінки перерозподілу шихти по крупності при завантаженні на агломераційну машину /**А.А. Томаш, І.В. Безверхий, В.А. Білоног, С.В. Кривенко** // Вісник Приазовського державного технічного університету: 36. науч. пр. – Маріуполь, 2005. – Вип. 15. – С. 13-16.
2. **Подлубний В.Ф.** Снижение переувлажнения шихты в процессе загрузки / **В.Ф. Подлубный, В.Г. Котов** // Изв. вузов ЧМ, 1984. – № 10. – С.14-17.
3. **Безверхий И.В.** Разработка мероприятий для увеличения сегрегации агломерационной шихты при загрузке её на аглоленту/ **И.В. Безверхий, А.А. Томаш** // Международная научно-техническая конференция «Университетская наука 2010». Тезисы докладов. Том I. – Мариуполь, 2010. – С. 40-42.
4. **Петрушов С.Н.** Современный агломерационный процесс / **С.Н. Петрушов** // Алчевск. – 2006. – с. 157-175.
5. **Кокорин Л.К.** Патент на изобретение класса F27B21/10 №2089806 / **Л.К. Кокорин, Ю.Д. Флягин** // АО «Уральский завод тяжелого машиностроения, 1997. – 5с.
6. **Абазалов В.М.** Патент на изобретение класса F27B21/10 №2173824 / **В.М. Абазалов, В.Н. Ащевлов, В.А. Барсов и др.** // Научно-производственное

Рукопис подано до редакції 10.04.12

УДК 631.58

В.Й. ЛОБОВ, канд. техн. наук, доц., І.І. ДУБОВИК, аспірант  
ДВНЗ «Криворізький національний університет»

### ПЕРСПЕКТИВИ ВПРОВАДЖЕННЯ СИСТЕМ ПРЕЗИЦІЙНОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА В АПК УКРАЇНИ

Проаналізовано перспективи впровадження презиційного землеробства і визначено, які необхідні технічні та програмні засоби для побудови сучасних автоматизованих систем землеробства на базі ГІС і впровадження їх в АПК України.

**Презиційне землеробство, GPS, геоінформаційна система, система прийняття рішень.**

**Постановка завдання.** Одним із головних напрямів комп'ютеризації та всебічної модернізації сучасного сільського господарства стала його інтеграція з іншими науковими дисциплінами. Використовуючи теоретичні знання та технічні розробки інших галузей наук, та впроваджуючи їх у виробничий процес, стає можливим вирішення проблеми покращення стану АПК України. У першу чергу, мова йде про використання інформаційних, аерокосмічних та біотехнологічних технологій. В результаті з'явилися нові, прогресивні агротехнічні технології, що дозволяють вирішувати велику кількість актуальних в даний час проблем: автоматизацію на багатьох рівнях та етапах виробництва, зниження затрат на отрутохімікати та мінеральні добрива, покращення ступеню врожайності та зменшення негативного впливу на навколишнє середовище. До числа таких агротехнічних технологій відноситься прецизійне (точне) землеробство (ПЗ), яке може бути вирішено при використанні сучасних автоматизованих систем землеробства (АСЗ), які в останнє десятиліття отримали велике поширення в багатьох розвинених країнах світу. Наприклад, 80 % фермерів США використовують технології точного землеробства [1], порівнюючи з Україною, де відсоток інтеграції інформаційних та нових агротехнологічних технологій в АПК майже відсутній.

Основою наукової концепції ПЗ є вирішення задач по існуванню неоднорідностей в межах одного поля. Для виявлення цих неоднорідностей та їх оцінки і детектування використовуються новітні технології, такі як системи глобального позиціонування (GPS, ГЛОНАСС), спеціальні датчики, аерофотознімки і знімки з супутників, а також спеціальні програми для аграрного менеджменту на базі геоінформаційних систем (ГІС), які є стрижнем ПЗ, що дозволяють знімати,